

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO.**

**AVALIAÇÃO DAS JANELAS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES CONSIDERANDO  
PARÂMETROS DE CONFORTO LUMINOSO: O CASO DE ESCOLAS DA  
REDE MUNICIPAL DE CAMPINAS.**

Flávia Elaine Aliotti Rodrigues Nogueira

Campinas  
2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO.**

**AVALIAÇÃO DAS JANELAS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES CONSIDERANDO  
PARÂMETROS DE CONFORTO LUMINOSO: O CASO DE ESCOLAS DA  
REDE MUNICIPAL DE CAMPINAS**

Flávia Elaine Aliotti Rodrigues Nogueira

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lucila Chebel Labaki**

Dissertação de Mestrado apresentada a comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de edificações, linha de pesquisa em Conforto no ambiente Construído.

Campinas, SP  
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

N689a Nogueira, Flavia Elaine Aliotti Rodrigues  
Avaliação das janelas em edifícios escolares considerados parâmetros de conforto luminoso: o caso de escolas da rede municipal de Campinas / Flavia Elaine Aliotti Rodrigues Nogueira. --Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Lucila Chebel Labaki.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Janelas. 2. Escolas. 3. Escola - Iluminação. I. Labaki, Lucila Chebel.  
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Evaluation of windows in school buildings considering parameters luminoso comfort: the case of municipal schools of Campinas

Palavras-chave em Inglês: Windows, School, School - Illumination

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Claudia Naves D. Amorim, Doris C.C. K. Kowaltowski

Data da defesa: 08/02/2007

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO.**

**AVALIAÇÃO DAS JANELAS EM EDIFÍCIOS ESCOLARES CONSIDERANDO  
PARÂMETROS DE CONFORTO LUMINOSO: O CASO DE ESCOLAS DA  
REDE MUNICIPAL DE CAMPINAS**

Flávia Elaine Aliotti Rodrigues Nogueira

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



---

Prof.ª Dr.ª Lucila Chebel Labaki  
**Presidente e Orientadora – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP.**



---

Prof.ª Dr.ª Claudia Naves D. Amorim  
**Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília (UNB)**



---

Prof.ª Dr.ª Doris C.C. K. Kowaltowski  
**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP.**

**Campinas, 08 de fevereiro de 2007.**



## **DEDICATÓRIA**

Para Janete, a minha mãe, por eu ser o seu mestrado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar luz suficiente para conseguir finalizar este trabalho.

Aos dois homens de minha vida meu pai Adonai e meu marido.

À Lucila, minha orientadora, que me motivou nos momentos difíceis, conseguiu me fazer finalizar este trabalho, e pelo exemplo de dignidade e vida acadêmica apaixonante.

Ao Rogério que foi apoio incondicional e incentivo em todos os momentos; ajudou-me tendo paciência e compreensão com todo carinho e amor.

Ao meu pai que me ensinou que dignidade se faz nas pequenas coisas do dia a dia.

A minha irmã Jana Maira que pela torcida, e que lutar todos os dias é a maior parte da conquista.

A minha avó Margarida que pode ver o começo e não pode entender o desenrolar.

A todos os amigos da FEC, em especial a Mariela e a Grace que deram um empurrão. A Paula e o Daniel que estiveram sempre presentes nas medições.

Aos meninos do laboratório LACAF FEC (Oba e Daniel), por sempre estarem dispostos a ajudar.

Aos diretores e professores das escolas municipais que incentivaram a toda pesquisa FINEP.

## RESUMO

Na dissertação aqui apresentada a ênfase está no uso consciente da luz natural enquanto elemento valorizador da qualidade dos edifícios. O ambiente escolar tem necessidades específicas de conforto ambiental, sendo as aberturas elementos de projeto essenciais para o bom desempenho térmico, luminoso e energético das escolas. O trabalho tem por objetivo apresentar o estudo do desempenho luminoso das tipologias de aberturas das salas de aula, adotadas nas escolas municipais de Campinas, SP. A aquisição de dados mensuráveis de parâmetros de Iluminação Natural se fez através do estudo de caso de duas escolas municipais, obtendo-se um levantamento de real valor no processo de projeto das reformas a serem realizadas pelo departamento de projeto de escolas da prefeitura Municipal de Campinas. A metodologia consistiu de visita às escolas, entrevistas, análise prévia através de plantas e fotos. Medidas de iluminância em pontos e horários pré-estabelecidos foram realizadas, e seus resultados analisados de acordo com as normas brasileiras. Os parâmetros de uniformidade e diversidade de iluminação natural foram analisados de acordo com a adequação das aberturas à orientação. Os resultados permitiram analisar com profundidade o tema-objeto dessa proposta, com vistas à sua utilização na prática do projeto de edificações escolares, visando à melhoria do conforto visual.

**Palavras chave:** janelas, conforto, escola

## ABSTRACT

In this work the emphasis is in the conscious daylighting use in buildings, while valuable quality element. The school environment has particular necessities of environmental comfort, the openings being design elements essential for good thermal, luminous and energetic performance of the schools. The objective of this work is to study luminous performance of the opening classroom typologies most often adopted in municipal schools in the city of Campinas, SP. The measurable data acquisition for daylighting analysis was performed through case study of two schools. The results allowed to obtaining a withdrawal with actual value in the design process of the reforms to be accomplished by the schools design department of the City Government of Campinas. The methodology consisted of visits, interviewees, previous analysis through plants and photos. Measurements of illuminance in pre-established points and schedules were accomplished, and the results were analyzed according to Brazilian standards. Natural lighting uniformity and diversity were analyzed by verifying the adequacy of the openings to solar orientation. Results allowed analyzing with depth the proposed theme, regarding its application in the design practice of school buildings, regarding the improvement of visual comfort

# SUMÁRIO

RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	XI
SUMÁRIO .....	XIII
LISTA DE FIGURAS .....	XV
LISTA DE TABELAS .....	XVII
LISTA DE QUADROS .....	XIX
 1. INTRODUÇÃO.....	 1
1.1. Objetivos.....	7
1.1.1. Objetivos ESPECÍFICOS.....	7
 2. Revisão Bibliográfica - Referencial teórico .....	 8
2.1. Luz Natural.....	8
2.2. Propriedades da luz.....	10
2.3. ILUMINAÇÃO NATURAL - A ILUMINAÇÃO LATERAL.....	13
2.3.1. FONTES DE LUZ NATURAL.....	18
2.3.2. DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL .....	25
2.4. ASPECTOS Fisiológicos e Psicológicos .....	27
2.5. NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO – RECOMENDAÇÕES de Conforto Lumínico.	35
2.5.1. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....	39
2.5.1.1. CRITÉRIO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL	43
2.5.2. PROCEDIMENTOS .....	44
2.5.3. Medições de iluminância - Ambientes reais .....	44
2.5.3.1. Medições em ambientes reais .....	44
2.5.3.2. Iluminância em planos de trabalho.....	46
2.5.3.3. Quantidade de pontos.....	46
2.5.3.4. Malha de pontos para medições.....	47
2.5.3.5. Medição da iluminância externa de referência .....	48
2.5.4. Iluminância.....	48
2.5.4.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE DE ILUMINÂNCIA .....	49
2.6. ILUMINAÇÃO DE SALAS DE AULA. ....	50
2.6.1. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO .....	52
2.6.1.1. ACEITAÇÃO DO USUÁRIO.....	56
2.6.1.2. QUESTIONÁRIO .....	57
 3. ABERTURAS .....	 58
3.1. FUNÇÕES .....	59

3.1.1.	TIPOLOGIA .....	62
3.1.2.	DIMENSÃO E ORIENTAÇÃO .....	66
3.1.3.	LOCALIZAÇÃO .....	68
4.	A Escola.....	70
4.1.	A Teoria Arquitetônica - o Comportamento Humano e o Ambiente Construído.....	70
4.2.	Comportamento no Ambiente Escolar e o Conforto Ambiental .....	76
4.3.	Conforto Ambiental e a Edificação Escolar .....	77
4.4.	A Arquitetura Escolar .....	80
4.5.	CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS. ....	85
4.5.1.	Forma do EDIFÍCIO-SALA de aula/circulação. ....	85
4.5.2.	Simulações. ....	87
5.	Metodologia .....	88
5.1.	O Estudo de Caso - AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO .....	90
5.2.	SELEÇÃO DA AMOSTRA .....	95
5.2.1.	CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS.....	95
5.2.2.	Forma do edifício -Tipologia de prédios de ensino da rede pública. ....	95
5.3.	Simulações. ....	95
5.3.1.	Critérios de análise .....	98
6.	Pesquisa de Campo. ....	99
6.1.1.	APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS.....	104
6.2.	LEVANTAMENTO - OBSERVAÇÕES E MEDIÇÕES NAS DUAS ESCOLAS ESCOLHIDAS.....	105
6.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS E.M.E.F. RAUL PILLA .....	106
6.3.1.	AS SALAS DE AULAS SELECIONADAS .....	111
6.3.2.	Sala 01 .....	111
6.3.2.1.	Diversidade e Uniformidade – Sala01 .....	127
6.3.3.	Sala 02.....	127
6.3.3.1.	Diversidade e Uniformidade- Sala 02.....	140
6.3.4.	Sala 08 e Sala Multiuso.....	140
6.3.4.1.	Diversidade e Uniformidade- Sala 08.....	150
6.3.4.2.	Diversidade e Uniformidade-Sala multiuso .....	157
6.4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS E.M.E.F. LORENÇO BELOQUIO....	158
6.4.1.	AS SALAS DE AULAS SELECIONADAS .....	164
6.4.1.1.	Diversidade e Uniformidade- Sala 03.....	169
6.4.1.2.	Diversidade e Uniformidade- Sala 08.....	177
7.	Conclusões .....	178
8.	Referências Bibliográficas.....	183
	ANEXOS	200

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Azimute e altura solar BITTENCOURT (1988) .....	10
Figura 2-2- Espectro de ondas eletromagnéticas, com destaque para o espectro solar	11
Figura 2-3- Distribuição espectral da energia solar.....	12
Figura 2-4 - Relação entre a parte superior da abertura e a área com iluminação natural eficiente. VIANNA (2001) .....	16
Figura 2-5 - Distribuição de luminâncias para céu claro (a), e para o céu encoberto (b). Moore (1991).....	22
Figura 2-6 - Transferência de calor por radiação Fonte: LAMBERTS (1997). .....	24
Figura 2-7- Níveis de iluminação Desempenho da tarefa. (Fonte: HOPKINSON (1975)) ..	36
Figura 2-8- Relação da acuidade visual com a idade (Fonte: VIANNA (2001). p.95.) .....	42
Figura 2-9- Determinação de $H_m$ . .....	47
Figura 2-10- Malha de pontos para medições. ....	48
Figura 2-11- Comportamento do fluxo luminoso sobre uma superfície opaca Fonte: LAMBERTS (1991) .....	52
Figura 3-1: Aberturas.....	59
Figura 3-2- Tipologia de janelas. (Fonte: BECKETT & GODFREY, 1978) .....	63
Figura 5-1 : distribuição dos pontos dos Luxímetro.....	93
Figura 5-2- Planta das salas de aula - PONTOS DE MEDIÇÃO .....	94
Figura 6-1 - Planta das salas de aula - PONTOS DE MEDIÇÃO. ....	106
Figura 6-2 : Implantação EMEF Raul Pilla .....	107
Figura 6-3:Plantas prédio 01 .....	108
Figura 6-4: Corredor de salas de aula da EMEF Raul Pilla .....	109
Figura 6-5: Plantas prédio 02.....	110
Figura 6-6- Sala 01 ORIENTAÇÃO - peitoril da janela .....	112
Figura 6-7- Sala 01 EMEF Raul Pilla.....	112
Figura 6-8- Planta das salas de aulas - projeto de reforma .....	113
Figura 6-9- Isolinhas - Medição (Programa SURFER 5.0) .....	116
Figura 6-10- SIMULAÇÕES - dia 23 de agosto às 9:20 e às 12:30, céu claro .....	117
Figura 6-11: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	117
Figura 6-12- Isolinhas - Medição (Programa SURFER 5.0) .....	121
Figura 6-13- SIMULAÇÕES - dia 19 de setembro às 10:00, 12:30 e 15:30, céu encoberto. ..	122
Figura 6-14: Gráficos de Diversidade e Uniformidade.....	123
Figura 6-15: Gráficos de Diversidade e Uniformidade.....	125
Figura 6-16: Gráficos de Diversidade e Uniformidade.....	126
Figura 6-17- Sala 02 .....	128

Figura 6-18- Sala 02 EMEF Raul Pilla.....	128
Figura 6-19- Isolinhas - Medição (Programa SURFER 5.0) .....	131
Figura 6-20- SIMULAÇÕES - dia 23de agosto às 9:20 e às 12:30, céu claro .....	131
Figura 6-21: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	132
Figura 6-22: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	136
Figura 6-23: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	139
Figura 6-24: Rampa de acesso ao Bloco2.....	141
Figura 6-25- Sala 08 ORIENTAÇÃO - peitoril da janela .....	142
Figura 6-26: Vista da sala 08.....	142
Figura 6-27- Sala 08 EMEF Raul Pilla.....	143
Figura 6-28: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	145
Figura 6-29: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	147
Figura 6-30: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	148
Figura 6-31: Gráficos de Diversidade e Uniformidade-15 de dezembro .....	149
Figura 6-32- Sala 01 EMEF Raul Pilla.....	151
Figura 6-33: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	152
Figura 6-34: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	154
Figura 6-35: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	155
Figura 6-36: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	156
Figura 6-37 ENTORNO.....	158
Figura 6-38: Implantação EMEF .....	159
Figura 6-39: Entrada. ....	160
Figura 6-40 Corredor de salas de aula da EMEF Lorenço Beloquio.....	160
Figura 6-41 Sala de aula da EMEF Lorenço Beloquio.....	161
Figura 6-42 Troca das cortinas.....	162
Figura 6-43- Sala 031 EMEF .....	164
Figura 6-44: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	165
Figura 6-45: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	167
Figura 6-46: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	169
Figura 6-47- Sala 08 EMEF .....	170
Figura 6-48: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	172
Figura 6-49: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	174
Figura 6-50: Gráficos de Diversidade e Uniformidade .....	176



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1- Níveis de Iluminação. SILVA (1977) .....	37
Tabela 2-2- Níveis de iluminação recomendados para ambientes escolares. SILVA (1977) .....	38
Tabela 2-3- Relação entre a idade e a iluminação necessária Fonte:SILVA (1976). ....	41
Tabela 2-4:Níveis de iluminação artificial prescritos pelo IES e pela NBR 5413 ( Fonte : NBR 5413 (ABNT,1991)).....	43
Tabela 2-5- Quantidade mínima de pontos de medição Fonte: CIBSE (1984). ....	47
Tabela 2-6- Refletâncias recomendadas para salas de aula segundo IESNA (1995) .....	51
Tabela 3-1- Efeito da dimensão da abertura com a velocidade do vento (% de velocidade externa do vento) (GIVONI ,1981 p.291) .....	69
Tabela 5-1 - META FÍSICA: Estudo da tipologia e de índices de eficiência energética .....	89
Tabela 5-2 - Contexto de inserção da pesquisa. ....	90
Tabela 5-3 - Métodos; Variáveis; Materiais e Resultados .....	92
Tabela 5-4: Equipamentos . ....	92
Tabela 5-5 - Parâmetros para Simulação .....	96
Tabela 5-6 - Refletâncias no visível e total ( Fonte : CASTRO,2002).....	97
Tabela 5-7 -Cores correspondentes para análise. ....	98
Tabela 6:1- Classificação - Tipologias de IMPLANTAÇÃO.....	100
Tabela 6:2- Classificação - Tipologia de Aberturas.....	102
Tabela 6:3- Medições na EMF Raul Pilla.....	110
Tabela 6:4- ABERTURAS - sala 01.....	113
Tabela 6:5- Proteções ( elementos de sombra) .....	114
Tabela 6:6- Dados obtidos em medições dia 23 de agosto de 2006 .....	115
Tabela 6:7- Dados obtidos em medições, dia 19 de setembro de 2006.....	118
Tabela 6:8- Dados obtidos em medições, dia 29de novembro de 2006 .....	123
Tabela 6:9- Dados obtidos em medições, dia 15 de dezembro de 2006 .....	125
Tabela 6:10- ABERTURAS - sala 02 .....	129
Tabela 6:11- Proteções ( elementos de sombra) .....	129
Tabela 6:12- Dados obtidos em medições -23 de agosto.....	130
Tabela 6:13- Dados obtidos em medições-19 de setembro .....	133
Tabela 6:14- Dados obtidos em medições, dia 29de novembro de 2006 .....	137
Tabela 6:15- ABERTURAS - sala 08 .....	143
Tabela 6:16- Proteções ( elementos de sombra) .....	144
Tabela 6:17- Dados obtidos em medições -23 de agosto.....	144
Tabela 6:18- Dados obtidos em medições-19 de setembro .....	146
Tabela 6:19- Dados obtidos em medições, dia 29de novembro de 2006 .....	147
Tabela 6:20- Dados obtidos em medições -15 de dezembro.....	149

Tabela 6:21- ABERTURAS - sala multiuso .....	151
Tabela 6:22- Proteções ( elementos de sombra) .....	151
Tabela 6:23- Dados obtidos em medições -23 de agosto.....	152
Tabela 6:24- Dados obtidos em medições-19 de setembro.....	153
Tabela 6:25- Dados obtidos em medições, dia 29 de novembro de 2006 .....	154
Tabela 6:26- Dados obtidos em medições, dia 15 de DEZEMBRO de 2006.....	156
Tabela 6:27- ABERTURAS - sala 01 .....	161
Tabela 6:28- Proteções ( elementos de sombra) .....	162
Tabela 6:29- Medições na EMF Lorenzo Beloquio .....	163
Tabela 6:30- Dados obtidos em medições dia 29 de agosto de 2006 .....	165
Tabela 6:31- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006.....	166
Tabela 6:32- Dados obtidos em medições, dia 27 de novembro de 2006 .....	168
Tabela 6:33- Dados obtidos em medições dia 29 de agosto de 2006 .....	171
Tabela 6:34- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006.....	172
Tabela 6:35- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006.....	174

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1 - Vantagens e desvantagens dos tipos de janelas (Fontes: BECKETT & GODFREY, 1978 e BRASKEM, 2003).....	63
Quadro 3-2- Dimensões de referência de janelas comercializadas. (TIBIRIÇÁ, 2005).....	66
Quadro 4-1 - Tipologias de prédios escolares. (Fonte:GRAÇA,2002) .....	86
Quadro 5-1- DIMENSÕES DE SALAS DE AULA- levantadas em projeto.....	96

# **1 . CAPÍTULO**

## **1. INTRODUÇÃO.**

### **O Objeto de Estudo**

A vida dos seres humanos está intimamente relacionada à luz. Literalmente, não se pode viver sem ela, que é um elemento primário animando a vida na Terra e desempenhando um papel cheio de simbolismos em diferentes culturas. Frequentemente, são usadas expressões como "encontrar uma luz no fim do túnel" ou "ter uma luz" com um sentido de revelação. Em todas as religiões, significados especiais são atribuídos à luz, estando vinculada, na Bíblia, à própria criação: "Que seja feita a luz". Martau (1997) considera que cerca de 60% das informações que recebemos do exterior são estímulos visuais, o arquiteto é basicamente treinado para ver. Assim, quando está projetando, ele "enxerga" um novo espaço ou uma nova situação de projeto.

Tschumi (1993) afirma que a maior parte das sensações humanas é captada através dos olhos. Isso comprova a primazia da visão sobre os demais sentidos e faz com que estejamos ligados pela luz aos objetos. A luz e a capacidade natural dos homens de enxergar o mundo através da visão é a condição *sine qua non* da Arquitetura. Na falta do homem e da luz, a Arquitetura não existiria, pois ela é “uma atividade visual, uma arte visual, criada pelo homem e para o homem”.

A luz transmite muitas informações projetuais ao arquiteto. Os efeitos de luz e sombra, cor, forma e as composições geradas são ferramentas de projeto e não devem ser desconsideradas pelo arquiteto. A questão visual se faz forte pela própria arte.

Na dissertação aqui apresentada a ênfase está no uso consciente da luz natural enquanto elemento valorizador da qualidade dos edifícios. A iluminação inadequada poderia ser evitada, caso os autores de projeto realizassem uma avaliação preliminar de desempenho luminoso dos espaços.

O descaso com a eficiência luminosa em um projeto é claro quando se depara com luzes acesas permanentemente à luz do dia, podendo-se diagnosticar que os projetistas destas edificações não conseguem, em muitos casos, enxergar as aberturas como parte integrante de um raciocínio de projeto energeticamente eficiente. Faz-se necessário esclarecer que o estudo das aberturas deve se fazer presente nos pensamentos iniciais de projeto.

O foco está direcionado para a eficiência no uso da luz natural, em substituição à iluminação artificial tão utilizada durante o dia. SCARAZZATO (1995) observa que no Brasil a disponibilidade de luz diurna é mais que suficiente para garantir a iluminação natural dos edifícios de uso normal durante a maior parte do expediente diurno anual, desde que a arquitetura e os instrumentos de

uso e ocupação do solo urbano garantam as condições mínimas necessárias quanto ao afastamento entre edifícios e gabaritos de altura.

## **O ambiente escolar**

A formação educacional de um indivíduo está relacionada com uma rede complexa de fatores sociais, econômicos, pedagógicos e ambientais. A configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio exercem grande predominância na evolução do aprendizado. O espaço da escola deve obedecer a normas e, principalmente, oferecer segurança, acessibilidade e conforto aos seus usuários. Tais condições de conforto no ambiente afetam diretamente os usuários tanto no aspecto fisiológico como psicológico e conseqüentemente no desempenho das atividades (Graça, 2002).

Condições desfavoráveis de conforto em escolas, como temperaturas elevadas, ruído excessivo, iluminação inadequada, densidade excessiva na sala de aula, equipamentos não adaptados à faixa etária atendida, podem influenciar negativamente no desempenho escolar dos alunos, causando até mesmo distúrbios de saúde (KOWALTOWSKI et al [1],1997).

No ambiente escolar o descaso no tratamento das aberturas se reflete diretamente no conforto do usuário. A partir destes fatos, vê-se a necessidade de cuidar das aberturas desde o projeto inicial de uma edificação escolar, não permitindo que seja um fator gerador dos problemas convencionais do nosso clima, causando os excessos de luz e calor.

Tanto a luz quanto o calor em nosso clima são fatores que determinam posturas a serem tomadas pelos arquitetos em seus projetos. Negar a luz e o calor é uma desconsideração à humanização de um projeto.

*...“O Estudo da adaptação humana está centrado em características funcionais e estruturais das populações humanas que as auxiliam a enfrentar alterações ambientais e condições de grandes estresses”. (MORAN, 1982)*

A integração do usuário com o ambiente deve, naturalmente, gerar atitudes no próprio indivíduo que, ao modificar o espaço físico que utiliza, pode melhorar as condições de conforto.

Dentro do ambiente físico ocorre o relacionamento com os elementos fixos e móveis que compõem o local, onde as características físicas dos elementos, como cor, detalhes de produção e execução, sinalizações, influenciam a percepção e o bem estar do usuário. Elementos que permitem a manipulação, como maçanetas de portas e janelas, controladores de cortinas e interruptores para ventilador são importantes para propiciar uma parceria entre ocupante e ambiente no controle do conforto.

As atitudes, atividades e o comportamento do usuário, todos os elementos e o entorno criam o conjunto que determina a adequação do local e sua função e finalidade. O papel do usuário no controle do conforto ambiental depende principalmente da possibilidade de interferência que, por sua vez, está relacionada ao detalhamento dos elementos arquitetônicos. Por exemplo, permitir as trocas de ar através do uso das aberturas quando necessário; graduar a intensidade de iluminação e isolamento sonoro dentro do ambiente; melhorar o conforto do corpo através do uso adequado da própria

vestimenta de acordo com o clima e a atividade física executada; modificar a posição do mobiliário para uma melhor visibilidade (no caso de uma sala de aula), adequar a posição do corpo ao mobiliário utilizado.

## **O contexto da pesquisa.**

Esta pesquisa está inserida dentro do Projeto MCT/FINEP CT-ENERG - INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO AMBIENTAL EM ESCOLAS DA REDE PÚBLICA, onde se propõe o aprofundamento no estudo do conforto ambiental, tema já trabalhado anteriormente pela equipe do projeto, abrangendo habitações populares e ambientes escolares na região de Campinas.

Seu objetivo é desenvolver indicadores de eficiência energética e conforto ambiental em ambientes escolares da rede pública do município de Campinas - SP, com base na aquisição e tratamento de dados climáticos e de materiais de vedação (sistemas de aberturas e painéis opacos).

No contexto atual do departamento de projeto de escolas da Prefeitura Municipal de Campinas, depara-se com uma série de edifícios escolares a serem reformados, sem uma análise de eficiência do que é pré-existente. Com o intuito de propor soluções para estes problemas e assim colaborar diretamente com a sociedade, viu-se a necessidade de realizar um levantamento da eficiência luminosa das aberturas adotadas nas Escolas Municipais de Ensino Fundamental para que este alimente os projetos de reformas já previstos, tendo como meta uma edificação energeticamente eficiente.



Nesse trabalho, duas escolas foram selecionadas como estudo de caso, o qual constará de um levantamento de real valor no processo de projeto das reformas a serem realizadas. As opiniões do usuário, anotadas em questionário, e as intervenções do mesmo no ambiente em conjunto com uma educação de conscientização de uso, por si só já serão de grande valia na economia energética do edifício, visto que cerca de 75% do consumo de energia elétrica no Brasil são gastos com iluminação artificial e ar condicionado. (CARAM, 1998).

## **1.1. OBJETIVOS**

O objetivo geral dessa pesquisa levanta o questionamento: Qual é a eficiência luminosa das tipologias de aberturas nas salas de aulas adotadas nas escolas municipais de Campinas, SP, a fim de racionalizar o uso da iluminação artificial durante o dia?

### **1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Constituem objetivos específicos, os seguintes:

Avaliar as aberturas das salas de aulas:

- ✦ Quanto à sua eficiência na iluminação natural
- ✦ Quanto à distribuição no ambiente
- ✦ Quanto à substituição do uso da iluminação artificial durante o dia
- ✦ Verificar a utilização de aberturas adequadas ao uso do ambiente.

Avaliar o uso da luz natural em benefício da eficiência energética do edifício escolar.

## 2. CAPÍTULO

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1. LUZ NATURAL

MOORE (1991) afirma que a presença da luz natural é sinônimo de limpeza, pureza e sabedoria. O IES DAYLIGHTING COMMITTEE (1979) e MINGRONE (1984) enfatizam que a luz natural é uma poderosa força na definição de formas arquitetônicas.

*A adaptabilidade do olho humano é surpreendentemente grande. A luz brilhante do sol pode ser 250.000 vezes mais intensa do que a luz da lua e, no entanto, podemos ver as mesmas formas em pleno dia ou iluminadas apenas pelo luar. A quantidade de luz refletida*

*por uma superfície branca no inverno é inferior à refletida por uma superfície preta de mesmo tamanho no verão, mas, ainda assim, vemos o branco como branco e o preto como preto. E podemos distinguir claramente uma letra preta sobre um fundo branco. Rasmussen (1998)*

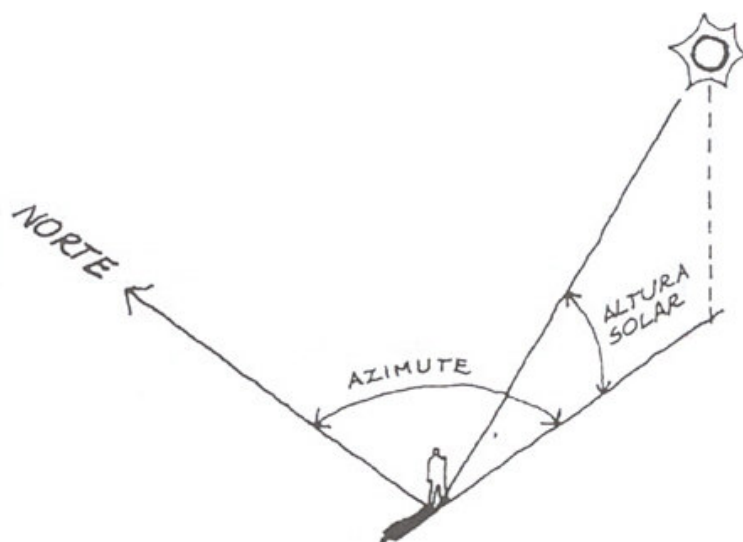
A luz natural tem qualidade muito superior à artificial. A norma inglesa determina que os níveis de iluminância requeridos, caso se utilize a primeira, são apenas 60% dos níveis requeridos para a luz artificial. Além disso, a variabilidade da luz natural tem um importante papel na regulação dos processos biológicos, o que por si só já seria razão suficiente para que se incentivasse o condicionamento térmico e luminoso natural (Hopkinson, Petherbridge & Longmore, 1975).

A Luz natural pode ser caracterizada como uma fonte intensa de luz, com larga escala de espectros, que lhe conferem uma renderização de cores muito variada em aparência e intensidade, além de sua vasta gama de possibilidades de incidência, em função do movimento solar.

Para efeito didático, foi criado o termo "movimento aparente do Sol", no intuito de compreender melhor a variação do caminho do Sol em função da época do ano. E são desses "caminhos distintos" que resultam os solstícios<sup>1</sup> e os equinócios<sup>2</sup>.

A razão principal da variação da luz natural consiste no movimento aparente do Sol, em função da hora do dia e da estação do ano, e da posição da edificação (latitude, longitude e orientação) na superfície terrestre.

O movimento aparente do Sol na abóbada celeste pode ser registrado pelo azimute e altura do Sol. O primeiro é definido pelo ângulo formado pela projeção horizontal da reta que determina a posição do sol em relação ao observador com o eixo que define uma direção estabelecida (geralmente o norte geográfico); a altura solar é o ângulo formado pela reta que define a posição do sol e sua projeção no plano horizontal no qual se encontra o observador. Esses dois ângulos são as coordenadas da posição do Sol na abóbada celeste. Estas definições podem ser mais bem visualizadas através da Figura 2-1 .



**Figura 2-1 Azimute e altura solar BITTENCOURT (1988)**

## **2.2. PROPRIEDADES DA LUZ**

<sup>1</sup> BITTENCOURT (1988) define solstício como a época do ano na qual o eixo de rotação da Terra se acha em um plano perpendicular ao plano da elíptica passando pelo centro do sol. Isto se dá em 22 de dezembro e em 22 de junho. O termo solstício é de origem latina e significa "sol parado".

<sup>2</sup> Palavra de origem latina que significa "dias igual". Corresponde ao período do ano em que os dias têm a mesma duração que as noites, coincidindo com as datas 21 de março e 24 de setembro.

O que é luz? A luz é uma manifestação visual da energia radiante e, conseqüentemente, está intimamente relacionada com as sensações humanas (Hopkinson, Petherbridge e Longmore, 1966).

De acordo com vários autores (CINTRA DO PRADO (1961), SILVA (1976) e MASCARÓ (1983)) a luz natural ou diurna é aquela proveniente do sol, podendo ser de forma direta, através dos raios solares, ou indireta, por reflexão do entorno.

Definindo luz como energia radiante, deve-se entender que somente uma banda relativamente estreita de comprimento de ondas de radiação eletromagnética, (380 a 780nm) é capaz de excitar a retina humana, criando sensação visual. ROBBIN5 (1986) complementa: é uma manifestação visual de energia, percebida pelo olho humano na faixa de radiação eletromagnética com comprimentos de onda compreendidos entre 380 e 780nm, lembrando que o melhor desempenho da vista humana é em torno de 550nm, como mostra a Figura 2-2.

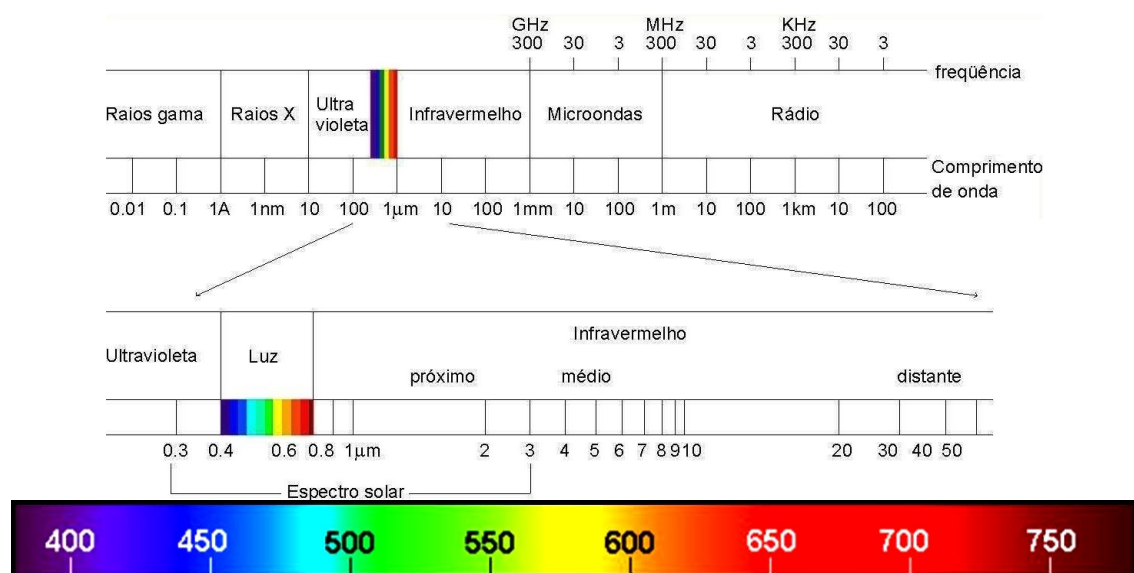


Figura 2-2- Espectro de ondas eletromagnéticas, com destaque para o espectro solar

A radiação solar compreende um espectro (Figura 2-3) que varia do ultravioleta (ondas curtas), passando pela luz visível até o infravermelho (ondas curtas). A região do ultravioleta se divide em UV-A, de 315 a 380nm, UV-B, de 280 a 315 nm (afeta a coloração) e UV-C, de 200 a 280nm, (efeito germicida e de produção de vitamina D) enquanto o infravermelho se divide em IV-A, de 760 a 1400nm, IV-B, de 1400 a 3000nm e IV-C, para comprimentos de ondas maiores que 3000nm, sendo que estas três últimas influenciam no ganho térmico do ambiente. A luz visível compreende o intervalo de comprimento de onda de 380nm a 780nm; este intervalo do espectro solar é responsável pela luminosidade natural que irradia sobre o solo terrestre.

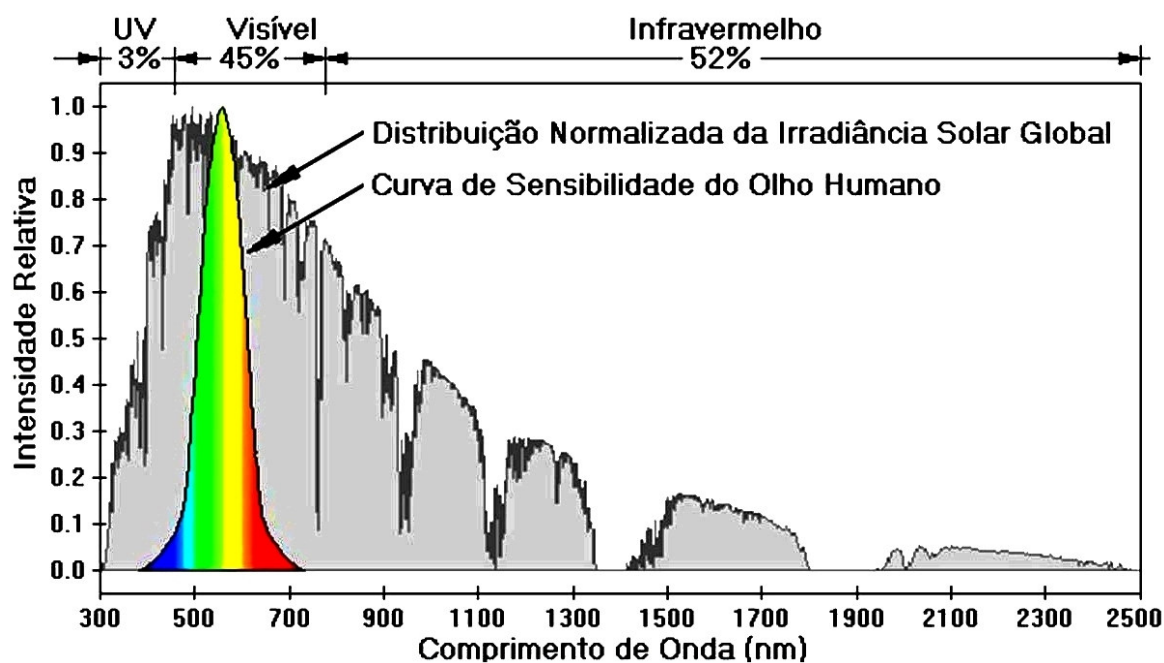


Figura 2-3- Distribuição espectral da energia solar.

Hopkinson, Petherbridge e Longmore, em 1966, afirmam que a energia radiante visível mede-se pelo ritmo de transferência de energia avaliada em

termos do seu efeito sobre o sentido visual humano médio. Este fluxo luminoso<sup>3</sup> é expresso em lumens.

### 2.3. ILUMINAÇÃO NATURAL - A ILUMINAÇÃO LATERAL

*A luz natural que é admitida no interior das edificações consiste em luz proveniente diretamente do Sol, luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno. A magnitude e distribuição da luz no ambiente interno dependem de um conjunto de variáveis, tais como: da disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas (verticais e/ou horizontais), das características óticas dos envidraçados, do tamanho e geometria do ambiente e da refletividade das superfícies internas. (SOUZA, 2003)*

Um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e minimizando suas desvantagens, onde as decisões mais críticas a este respeito são tomadas nas etapas iniciais de projeto.

Constata-se que o problema mais crítico refere-se à iluminação natural nos edifícios modernos, quando se prevê a presença de grande número de pessoas realizando tarefas visuais de diferentes exigências ao mesmo tempo.

<sup>3</sup> Fluxo luminoso é a quantidade de energia radiante capaz de sensibilizar o olho humano\*. A unidade desta grandeza é o lúmen, que corresponde à quantidade de energia radiante capaz de sensibilizar os olhos durante um segundo. Símbolo  $\Phi$



Assim sendo, a escolha de um sistema de iluminação se faz tendo em vista as características do edifício, a forma, a disposição dos ambientes, o tipo de tarefa visual que será realizada, além de considerações de ordem tecnológica e, principalmente, econômica.

Na definição de uma prioridade em termos de exposição à luz natural, valores de iluminâncias<sup>4</sup> e distribuição de luz necessária para as atividades em cada ambiente devem ser estabelecidos. Em alguns ambientes a iluminação uniforme é mais recomendada, em outros é desejável uma maior variação. Em ambientes nos quais os usuários ocupam posições fixas, o critério deve ser diferente daqueles onde as pessoas podem mover-se livremente na direção das aberturas ou para longe delas. A NBR 5413 [1992] fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades, baseados numa iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho.

A localização das tarefas com maiores exigências visuais próximas das janelas, onde a iluminância natural é maior, proporciona uma otimização do uso da luz natural, que deve ser complementada com o controle da luminância da janela e da radiação solar direta sobre o plano de trabalho. O significado energético desta estratégia é uma poupança de energia elétrica de até 50%, segundo MASCARÓ [1981]. A escolha do sistema de iluminação lateral ou zenital se faz tendo em vista as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes.

<sup>4</sup> Segundo ROBBINS (1986), é a densidade do fluxo luminoso incidente numa superfície, em lúmens, por área unitária. ( $E = \Phi/S$ ). Sua unidade é lux (1 lux = 1 lm/m<sup>2</sup>). A ABNT, através da NBR 5413(1992) define iluminância como o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área de superfície quando esta tende para zero.

Com a iluminação lateral se obtém níveis recomendados de iluminância para a tarefa visual nas zonas próximas às janelas, com uma variação acentuada na medida em que se distancia da janela. CARVALHO (1985) lista alguns fatores que ajudam a uniformização da iluminação proveniente de aberturas laterais:

- ✦ o uso de dispositivos difusores de luz (estantes, cortinas, etc.);
- ✦ o aumento das refletâncias<sup>5</sup> das superfícies interiores;
- ✦ o uso criterioso de prateleiras de luz:

A falta de uniformidade<sup>6</sup> da iluminação é considerada por CARVALHO (1985) menos grave em iluminação natural unilateral do que em iluminação artificial, porque, dependendo da luminária, a variação entre os pontos de valores máximo e mínimo de iluminância é maior em uma área pequena. Não sendo excessiva, a falta de uniformidade da iluminação natural pode constituir um fator positivo pela diversidade criada.

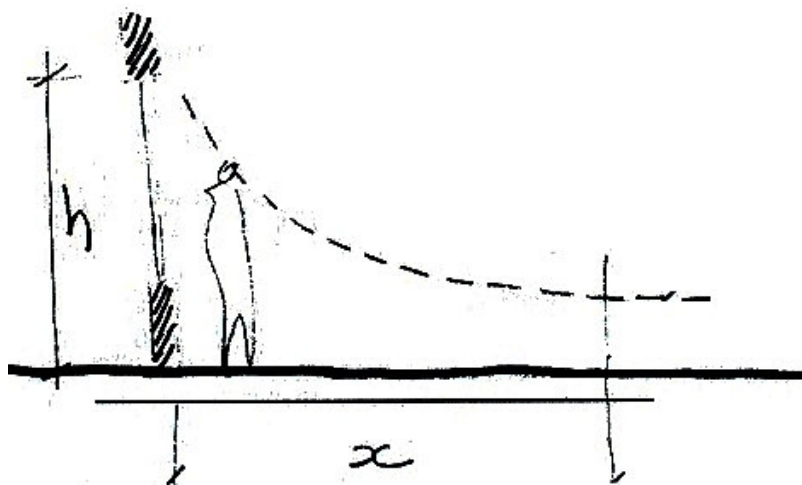
A iluminância recebida numa superfície, do fluxo produzido por uma fonte, diminui à medida que aumenta a distância da superfície à fonte. Devido a essa propriedade, os sistemas de iluminação lateral só são eficientes para regiões próximas às janelas, pois são raros os casos em que a luz natural consegue atingir o fundo da sala.

<sup>5</sup> É a proporção de fluxo luminoso incidente sobre uma superfície, que é refletida na direção do observador. É expressa em porcentagem. De acordo com a ABNT NBR 5413 é a razão do fluxo luminoso ou radiante refletido, para o fluxo incidente.

<sup>6</sup> A uniformidade é definida como a relação entre a iluminância mínima e a iluminância média em um ambiente

COLLINS et al. (1982) apontam a relação de 5:1, entre o valor da iluminação a 1m da janela e a 60cm da parede do fundo como limite a respeitar. E VIANNA (2001) complementa que normalmente se considera a profundidade de eficiência da penetração da luz como dependente da relação entre o piso e a parte superior da abertura e igual a aproximadamente 1,5 a 2 vezes esta altura (Figura 2-4).

MASCARO (1991) afirma que está demonstrado que acima de uma dada relação de janela/superfície da parede que a contém, a curva de distribuição da iluminância no interior do local não se modifica sensivelmente. Já do ponto de vista do balanço térmico da edificação, janelas com área superior a 40% da superfície da parede onde está localizada, comprometem o desempenho térmico da edificação nos climas subtropicais.



**Figura 2-4 - Relação entre a parte superior da abertura e a área com iluminação natural eficiente. VIANNA (2001)**

No caso típico de um local com iluminação lateral, a luz incide obliquamente nos planos de trabalho horizontais; em tais condições, a iluminação apresenta vantagens em comparação com a que se verifica

quando a luz provém do teto, pois neste último caso podem ocorrer reflexões no plano de trabalho que perturbam a visibilidade.

Pode-se dizer que o papel da iluminação compreende duas vertentes: 1) a iluminação ambiente, a qual deve permitir um ambiente agradável e ser adequada para atividades correntes, que não apelem particularmente à percepção visual; 2) a iluminação das tarefas visuais, que se destina a possibilitar o desempenho das mesmas, em que a vista é especialmente solicitada, sem esforço e incômodo.

Em locais onde seja necessário assegurar iluminação das tarefas visuais em grande parte de sua área é indispensável o complemento com a luz artificial, não obstante ser interessante fazer com que esse complemento só entre em ação algumas vezes durante o ano, por exemplo, nos dias chuvosos ou muito nublados.

A carga termo-luminosa recebida por uma janela lateral é menor que a recebida por uma zenital, pois a cobertura é a superfície mais exposta à ação direta do sol. GIVONI (1981) lembra que em países de clima quente é comum a compreensão de que a cobertura é o principal elemento de aquecimento de uma edificação.

O ENERGY RESEARCH GROUP (1994) afirma que a iluminação oriunda de uma abertura lateral coleta menos luz e calor no verão, quando comparada com uma abertura zenital.

Analisando-se a questão de uma forma mais ampla, constata-se que a iluminação lateral tem seu caráter psicológico. MINGRONE (1984), em sua dissertação, relata o resultado de uma investigação sobre a iluminação natural realizada na Inglaterra em 1965, em que 70% dos indivíduos questionados declararam a luz natural como a preferencial para a realização de seus

trabalhos. O pesquisador constatou que essa preocupação pela luz natural em um ambiente parece ter pouca relação com as condições reais de iluminação; podendo ser consequência de necessidade de natureza psicológica da presença de uma janela. "Quase nove entre dez pessoas dos escritórios pesquisados sentiam ser importante que lhes fosse permitido olhar para fora dos edifícios - necessidade de janelas, independente da qualidade da luz artificial disponível no Interior do ambiente em questão".

### **2.3.1. FONTES DE LUZ NATURAL**

SOUZA (2003) afirma que no estudo da iluminação, destaca-se o uso da iluminação natural como fonte primeira de iluminação, usada desde os primórdios da arquitetura e à qual se deve dar atenção especial por suas características e potencial de aproveitamento. As fontes de luz natural, para fins de projeto, podem ser caracterizadas como:

- ✦ diretas (luz do Sol e luz difusa do céu),
- ✦ indiretas (luz de difusores refletivos ou translúcidos que foram originalmente iluminados por outras fontes primárias ou secundárias).

O Sol é uma fonte primária de luz, de grande intensidade e dinâmica; apenas metade de sua energia radiante, recebida pela superfície da terra, é visível. A luz do Sol fornece de 60 a 110 kLux no plano horizontal (10 a 15 vezes maior que a luz proporcionada por um céu encoberto), contribui com parcela importante na composição da luz natural. A alta eficiência luminosa e a excelente reprodução de cores da luz solar, associado ao fato de que a

mesma é abundante durante a maior parte do horário de trabalho e no decorrer do ano conduz ao seu aproveitamento como fonte de luz para iluminação de ambientes internos. O entorno, também, se comporta como fonte de luz; como sugere SOUZA [1997], pode-se usar recursos para tornar a luz do sol uma fonte de luz refletida; nesse caso os níveis de iluminação são menores do que os obtidos pelos raios solares diretos e o foco direcional desta fonte de luz é distribuído mais uniformemente no ambiente que se deseja iluminar.

A luz difusa do céu, ou luz do céu, é o resultado da refração, do espalhamento e da reflexão da luz solar em nuvens e partículas que compõem a atmosfera. Enquanto a luz solar é uma fonte pontual, a luz do céu é uma fonte superficial. Ela produz uma iluminação suave, não direcional, relativamente sem sombras. Os níveis de iluminação resultantes são menores do que os produzidos pela luz solar direta; podendo variar de 5 a 20 kLux. Segundo PEREIRA [1995], a distribuição das luminâncias da abóbada celeste varia de acordo com as condições atmosféricas e as condições de céu. Em técnicas de simulação as condições consideradas são: céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto.

Nos primeiros estudos da luz natural foi adotado um tipo de céu com distribuição uniforme de luminâncias, situação inexistente em condições reais; pois a suposição é de que a luminância<sup>7</sup> em qualquer ponto do céu é a

<sup>7</sup> É empregada para especificar a quantidade física de brilho, que pode ser medido por um fotômetro. A luminância também pode ser considerada o produto da iluminação pela refletância. Sua unidade é a candela por metro quadrado (cd/m<sup>2</sup>).

mesma, independente da posição do sol e da direção da visão. Os dados mais frequentemente utilizados nos cálculos da iluminação natural são obtidos a partir da luz difusa do céu; a maioria das pesquisas realizadas no mundo é efetuada considerando o céu encoberto, por constituir a situação mais desfavorável na iluminação natural; este tipo de céu foi estabelecido pela C.I.E (Comission Internationale d'Éclairage) em 1955, como padrão internacional para cálculo da luz natural, não levando em conta a luz direta do sol. Foram dois os motivos que levaram a essa definição:

- ✦ Há necessidade de boa iluminação também nos dias encobertos;
- ✦ Nos dias de sol, este não penetra pela janela durante todo o dia, e sim, em um limitado número de horas.

Para a caracterização das condições do céu, é utilizado o método da cobertura do céu preconizado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EUA), sendo que a cobertura é estimada visualmente pela observação do montante de cobertura de nuvens. Esta cobertura de nuvens é estimada em percentual e expressa numa escala de 0 a 100%. Assim sendo, a ABNT [1997] apresenta as seguintes condições de céus:

- . Céu claro : 0% a 35%
- . Céu parcial : 35% a 75%
- . Céu encoberto : 75% a 100%

Numa condição de céu claro (inexistência de nuvens e baixa nebulosidade), as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os comprimentos de onda da porção azul do espectro cheguem à

superfície da terra, conferindo esta cor ao céu. Sob estas condições, o céu apresenta sua porção mais escura a  $90^\circ$  do Sol e sua parte mais brilhante ao redor deste.

PEREIRA (1997) e MAGALHÃES (1995) salientam que, no zênite, o céu é aproximadamente três vezes mais claro do que na linha do horizonte, e MASCARÓ (1991) complementa que tende a diminuir do zênite ao horizonte em cerca de 70% . Já em regiões tropicais, a luminância é maior no horizonte do que no zênite.

No céu parcialmente encoberto tem-se a abóbada encoberta com a presença sazonal do Sol alternada por períodos de nebulosidade variável. É próprio do clima temperado úmido ou quente úmido, segundo MASCARÓ [1991].

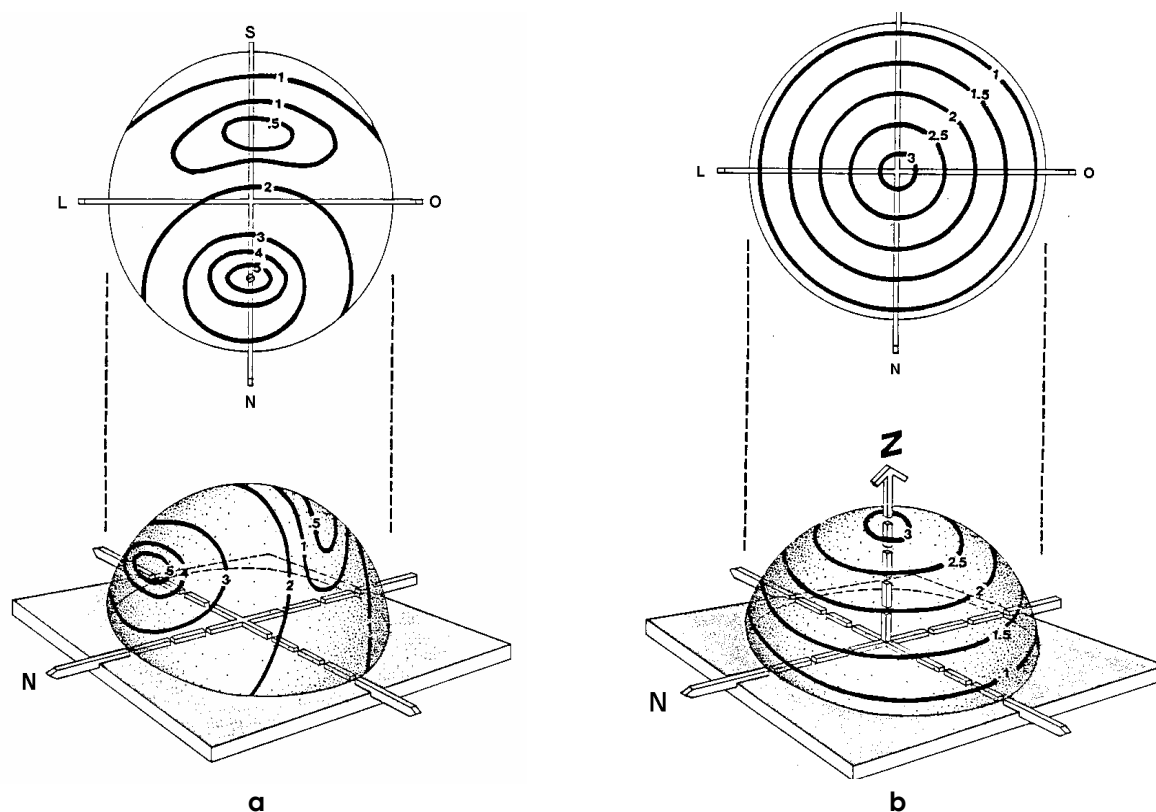
O céu encoberto(Figura2-5) resulta da reflexão/refração da luz direta do Sol (todos os comprimentos de onda) em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera. O resultado é uma abóbada cinza-claro, com a porção zenital apresentando uma luminância três vezes maior que a da porção próxima à linha do horizonte.

Cabe salientar que, de certa forma, a altura solar afeta a luminância de céus encobertos e que em qualquer latitude um céu encoberto pode ser duas vezes mais brilhante no Verão do que no Inverno, (PEREIRA 1995). Os céus encobertos são mais comuns na região norte da Europa; VIANNA (2001) relata que as condições climáticas regionais exercem ação direta na determinação da configuração básica dos tipos de céu.

A propriedade de uma fonte emitir luz, em uma dada direção, está relacionada à intensidade luminosa da fonte. É o fluxo luminoso emitido pela fonte por unidade de ângulo sólido, e sua unidade é a candela. O conceito de



intensidade luminosa está relacionado com o sentido de propagação da luz. A intensidade luminosa e a iluminação<sup>8</sup> estão relacionadas por meio da lei de Lambert, segundo a qual a iluminância numa superfície normal ao sentido de propagação de uma fonte pontual é dada pelo cociente entre a intensidade da fonte nessa direção e o quadrado da distância da superfície à fonte.



**Figura 2-5 - Distribuição de luminâncias para céu claro (a), e para o céu encoberto (b). Moore (1991).**

Ainda como composição da luz natural, deve-se levar em consideração a luz de fonte indireta: quando uma superfície refletiva é iluminada por uma fonte primária, a luminância resultante a torna uma fonte

<sup>8</sup> Para HOPKINSON (1976) iluminação é o mesmo que iluminância. Já a ABNT, NBR5413, define de uma maneira mais genérica, como a aplicação de luz aos objetos e circunvizinhanças, para que possam ser vistos de maneira adequada.

indireta de iluminação. Uma vez que esta superfície pode ser considerada como difusora ela se torna então, uma fonte distribuída - a qualidade e distribuição de sua luz sendo virtualmente idênticas à luz direta do céu admitida através de uma abertura de tamanho similar. Se iluminada diretamente pelo Sol, a iluminação refletida por uma superfície branca pode variar de 50 a 100 kLux, valor substancialmente maior que a luminância da abóbada celeste. De modo similar, materiais translúcidos de vidro podem ser utilizados como fontes indiretas.

A luz natural pode variar significativamente de um instante para o outro, pois sofre sensíveis variações diárias e sazonais, ocasionando variação em termos quantitativos e de cor. A cor, para MASCARÓ (1983), é um ótimo aspecto para exemplificar, pois a luz vai de um branco azulado, quando o céu está claro, a um tom praticamente branco quando o céu está encoberto. Se há nuvens claras ao norte, a cor da luz varia de branco, ao meio dia, ao branco amarelado ou até mesmo laranja ao por do sol.

A quantidade de energia térmica que recebe uma superfície é derivada de duas parcelas:

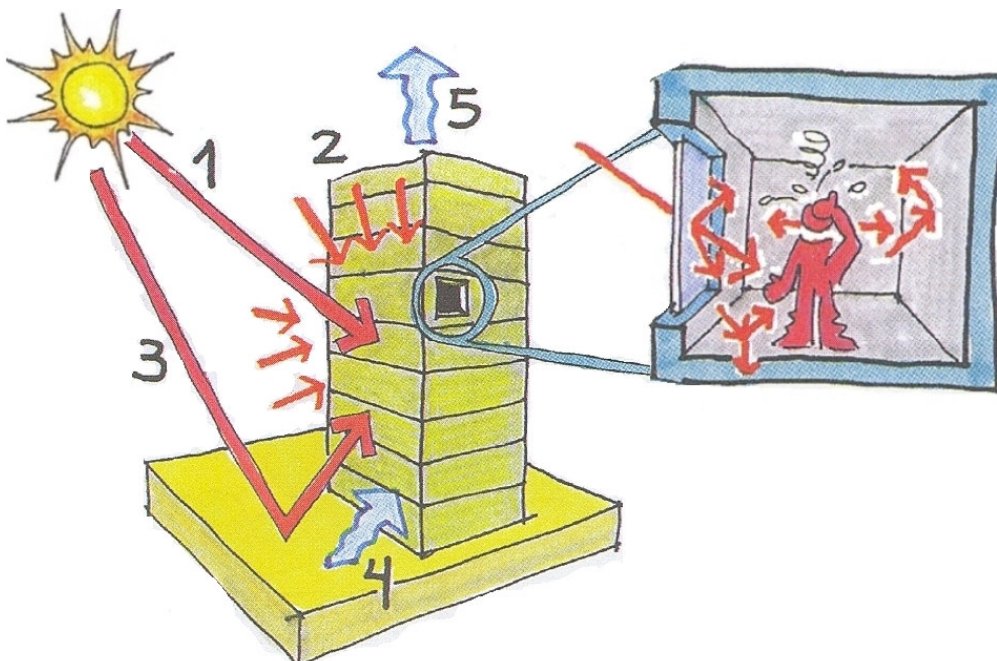
- ✦ Insolação direta do sol;
- ✦ Radiação difusa do céu.

Isto acontece porque, após sua penetração na atmosfera, em direção à superfície terrestre, a radiação interage, em seu trajeto, com as partículas do ar, poeira e água presentes na atmosfera. A parcela que atinge diretamente a terra é chamada radiação direta e sua intensidade depende da altitude solar, pois esta define o ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora.

*A forma como os raios diretos do Sol incidem em uma superfície poderá determinar o grau de habitabilidade do espaço em questão ou melhorar o projeto de um dispositivo de proteção contra a energia solar (RIVERO , 1986).*

Para a arquitetura, a radiação solar é considerada uma das variáveis de maior impacto, pois é através dela que se determina o quanto é necessário se proteger ou se expor às condições naturais do tempo. É a principal fonte dos ganhos térmicos numa edificação. A transferência de energia por radiação pode ser dividida em cinco parcelas principais. (Figura 2-6)

- Radiação solar direta (onda curta);
- Radiação solar difusa (onda curta);
- Radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno (onda curta);
- Radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu (onda longa);
- Radiação térmica emitida pelo edifício (onda longa)



**Figura 2-6 - Transferência de calor por radiação Fonte: LAMBERTS (1997).**

A radiação solar varia de ponto para ponto da superfície terrestre, devido:

- ✦ À posição da Terra em relação ao Sol;
- ✦ À estação do ano;
- ✦ Ao ângulo horário;
- ✦ À latitude do local;
- ✦ Aos fenômenos do micro clima local.

### **2.3.2. DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL**

O primeiro passo no desenvolvimento do projeto de sistemas de iluminação natural consiste no conhecimento da disponibilidade de luz proporcionada por estas fontes. “A luz natural que incide no ambiente construído é composta basicamente pela luz direta do sol e luz difundida na atmosfera (abóbada celeste)...”. (CARAM 1998)

A disponibilidade de luz natural é a quantidade de luz em um determinado local, em função de suas características geográficas e climáticas, da qual se pode dispor em certo período de tempo. De acordo com Frota (1979) , dados e técnicas para a estimativa das condições de disponibilidade de luz natural são importantes para a avaliação do desempenho final de um projeto em termos de conforto visual e consumo de energia. Essas avaliações se referem à variação da quantidade de luz durante o dia e épocas do ano, à duração dessa iluminação ao longo do dia e aos motivos pelos quais as localidades dispõem de mais ou menos luz face aos parâmetros que influem no cálculo da disponibilidade da luz natural: os dados relativos à posição do sol; as

épocas da determinação, como o dia e o mês do ano; latitude e longitude geográficas; e o tipo do céu.

*A luz natural está constantemente variando em intensidade e cor, do amanhecer ao crepúsculo, de um dia para o outro, de uma estação para outra. Embora possa parecer lógico considerá-la como um capricho da natureza, não previsível e não manipulável, na realidade ela pode ser um veículo determinante da expressão arquitetônica e é exatamente esta sua capacidade de se movimentar, mudar de caráter e variar em função das alterações atmosféricas e sazonais, que confere vida aos edifícios, qualidade esta não alcançada por nenhum outro elemento do projeto.*  
Claude L. Robbins (1986)

Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) questionam: “Como é possível trabalhar com um fator tão caprichoso?”.

Rasmussen (1986) refere-se a “Luz do Dia” como um dos elementos da Arquitetura que se altera constantemente. Para os outros elementos da Arquitetura, considera que podem ser exatamente pré-determinados. O arquiteto pode fixar dimensões de sólidos e cavidades, pode estabelecer a orientação de seu edifício, especificar os materiais e o modo como serão tratados; pode descrever precisamente as quantidades e qualidades que deseja em seu edifício, antes de ser colocada a primeira pedra. Ele só não pode controlar a luz do dia que se altera, em intensidade e cor, ao longo dos dias, da manhã para a tarde, de dia para dia e ao longo das estações.

Para Robbins (1986), essa inconstância da luz natural é justamente sua principal qualidade, pois confere aos ambientes um aspecto dinâmico, como

se a arquitetura fosse algo vivo, dando-lhe uma expressão que não é obtida por nenhum outro parâmetro de projeto.

Segundo Scarazzato (1995), a decisão de incorporar a iluminação natural aos parâmetros de projeto deve ser baseada não somente nos aspectos de ordem estética da luz no espaço, que, apesar de inegavelmente importantes, não são suficientes para justificar sua adoção, mas na compreensão de que ela possa ser tratada sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo. É necessário, pois, buscar outros embasamentos, pois o uso da luz natural pode afetar a distribuição funcional dos espaços, o conforto visual e térmico dos ocupantes, a concepção estrutural e o consumo energético dos edifícios, inclusive com relação ao tipo e regime de utilização da iluminação artificial.

## **2.4. ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PSICOLÓGICOS**

O corpo humano é controlado pelo sistema nervoso, que está dividido em três partes: sistema receptor, o mecanismo central e o sistema motor. As sensações da visão, da audição, do olfato e do paladar são recebidas através do sistema receptor, acompanhadas das sensações de calor, frio, tato e dor. De todas estas, as duas mais importantes são a visão, pois cerca de 70% da percepção humana é visual e a auditiva, adquirindo uma atenção especial, pois são tratadas como os sentidos especiais. KÜLLER & LINDSTEN, (1992) complementam que “o homem como um ser predominantemente visual é mais fortemente afetado pela luz do que por qualquer outra sensação (...) Forma e cor determinam a percepção do entorno físico através dos olhos, e nos dão

uma mais clara e vívida impressão do espaço do que os sentidos tátil, auditivo e olfativo".

É evidente a importância e a participação da iluminação nas atividades dos seres vivos. Através da iluminação, o ciclo dia e noite das pessoas e dos animais é regulado. Esse ciclo, chamado de ritmo circadiano, faz com que se alternem situações de alerta e de sonolência com o passar do tempo, de acordo com as condições às quais se está exposto. Essas condições são favoráveis à realização de determinadas tarefas, que exijam comportamentos de menor ou maior introspecção.

KÜLLER & LINDSTEN, (1992), forneceram informações preciosas à comunidade científica quando afirmaram que "Quando a luz passa pelos nossos olhos, impulsos são propagados não apenas às áreas visuais, mas também a áreas do cérebro relativas às emoções e à regulação hormonal".

A relação mais evidente entre a luz do dia e o homem é o ritmo diurno, que relaciona o ciclo da luz do dia e da escuridão da noite à complexa variação fisiológica e bioquímica de estado de alerta e sono. O tempo do ritmo diurno e noturno, e as variações funcionais relacionadas a ele, dependem do processo interno referente ao relógio biológico, que determina a predominância diurna de nossas atividades. Esse relógio mantém uma relação temporal com o nascer e o pôr do sol, existindo assim uma espécie de sincronia, à que se chama de ritmo circadiano. Nos mamíferos, isto é mediado pelo trato retinohipotalâmico, que se origina na retina e termina nos núcleos supraquiasmáticos (KÜLLER & LINDSTEN, 1992).

Ritmos biológicos são mudanças na atividade biológica de um organismo, que se repetem num ciclo regular. A maioria dos ritmos biológicos é de natureza circadiana, isto é, são ciclos que duram cerca de 24 horas e são

baseados no ciclo dia e noite, luz e escuridão, produzido pela rotação da Terra em relação ao Sol. Nos animais e nos humanos, existem flutuações diárias nas atividades físicas, no sono, na alimentação, na temperatura do corpo, nas taxas de secreção de certos hormônios, e outros processos metabólicos.

A iluminação natural varia em questão de segundos, tanto quantitativa, como qualitativamente, e poderá interferir na produção hormonal. Dentre os hormônios mais importantes, neste contexto, destacam-se a melatonina e o cortisol.

A melatonina (**MLT**) é o principal hormônio responsável pelo ciclo dia e noite e a velocidade da síntese de melatonina é controlada pela iluminação. Dentre outras funções, a melatonina age na regulação da secreção de cortisol (ou cortisona), hormônio que tem relação direta com o estado de ânimo. A presença de luz, além de poder sincronizar o ritmo circadiano (quando alternada com períodos escuros), também pode exercer um efeito inibitório agudo sobre a síntese e liberação noturna de MLT. Vale ressaltar que os níveis circulantes de MLT podem ser alterados por vários fatores, sendo que o mais importante é o ciclo claro-escuro ambiental. (FONSECA et al, 2005)

“Os distúrbios afetivos são decorrentes de alterações do estado afetivo básico, ou humor, alteração essa que se acompanha de uma constelação de sintomas psicológicos e fisiológicos” (CAETANO, 1983). Dentre eles, destaca-se a depressão. “Depressão é um estado emocional marcado por tristeza, inatividade e auto-depreciação” (CAETANO, 1983). Pode traduzir apenas um humor triste, caracterizando-se como um sintoma, ou ser acompanhada por uma série de outros sintomas, como perda de apetite, falta de interesse, desânimo, etc., caracterizando-se como uma síndrome. Dentre os sintomas da depressão endógena, a depressão pior na parte da manhã e despertar



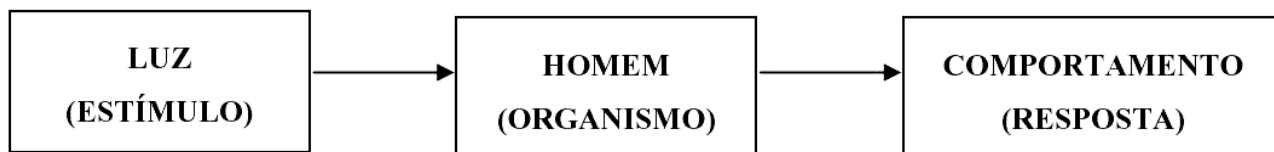
precoces, parece indicar que nela, há uma alteração do ritmo circadiano. Pacientes com depressão endógena apresentam uma perda da ritmicidade circadiana da produção de cortisol.

As observações de alterações de ritmos circadianos na doença afetiva podem ainda ser acrescidas de relatos sobre a existência de ritmos sazonais, facilmente reconhecidos nos países do hemisfério norte, que possui distinções nítidas entre as estações do ano. De um lado, há extensa literatura sobre sazonalidade do início da doença ou hospitalizações de pacientes afetivos e maior incidência de suicídios (45 – 70% dos casos relacionados com doença afetiva) em períodos específicos do ano, geralmente nas épocas em que há maior variação de fotoperíodo, isto é, no outono e na primavera (CALIL, 1983).

Uma vez que a iluminação tem papel importante na regulação do relógio biológico, deve-se considerar a importância, e por que não dizer até mesmo a necessidade, de se criar ambientes com iluminação artificial capazes de fornecer condições próximas às presentes no ambiente natural, responsáveis pelas alterações não apenas no funcionamento do relógio biológico, mas também, na percepção, no comportamento e nas funções cognitivas das pessoas.

Segundo Wait (1938), em seu livro “The Science of Human Behavior”, nas complexas relações que envolvem o estudo do comportamento humano, três naturezas devem ser consideradas: a natureza do estímulo, neste caso, a luz; a natureza do organismo no momento da resposta, neste caso, o homem; e a natureza da resposta ao estímulo, neste caso, o comportamento resultante. Desta forma, por mais que nos esforcemos em prol da boa qualidade dos estímulos provocados pelo ambiente de forma a favorecer determinados

comportamentos, não podemos ignorar fatores relacionados à natureza do homem no momento da resposta.



É evidente que existem fatores que fogem ao domínio do pesquisador, que poderão transformar ou interferir nas respostas esperadas, nas suas atitudes. Os comportamentos devem ser vistos e analisados dentro de um contexto, considerando as características particulares e individualidade de cada um.

Entende-se por sensibilidade a maneira pela qual o organismo entra em contato com o meio ambiente interno; a visão é caracterizada como sensibilidade especial.

Na visão, a iluminação tem papel fundamental, pelo fato da visão depender da iluminação. Um fenômeno que ocorre com a visão dos indivíduos é a acomodação<sup>9</sup>, que é o processo de alteração da forma do cristalino. É importante citar também a adaptação<sup>10</sup>, que na verdade é a capacidade de adequação à quantidade de luz que entra no globo ocular pela pupila. A mudança total dos limiares de adaptação do olho à luz, ou do olho completamente adaptado ao escuro, é bastante grande.

<sup>9</sup> Segundo a ABNT é o ajustamento do mecanismo da visão, geralmente espontâneo, para observar um objeto situado a uma determinada distância.

<sup>10</sup> A ABNT define como sendo o processo pelo qual as propriedades do órgão visual são modificadas segundo as luminâncias ou os estímulos de cor.

Outro fenômeno, que se define como sendo importante nesta pesquisa, é o grau de acuidade visual<sup>11</sup>, que pode ser designado quantitativamente ou qualitativamente. A acuidade visual é o grau com o qual os pormenores e contorno dos objetos são percebidos; ela pode ser definida em termos de mínimo separável, que é a menor distância em que duas linhas podem ser vistas separadas. Este fenômeno é muito complexo e é influenciado por vários fatores, entre eles a iluminação. Portanto, acuidade visual é uma medida do menor detalhe que poderá ser percebido, dependente, assim, da luminância.

A acuidade visual está relacionada com a luminância dos objetos que estão sendo examinados, obtendo qualquer indivíduo uma melhor acuidade visual através de uma boa iluminação. Assim também a visibilidade, termo usado como medida de facilidade, velocidade e precisão, através da qual o objeto pode ser detectado e reconhecido visualmente.

A fim de satisfazer as necessidades de conforto, as pessoas destacam uma iluminação com uma qualidade que, muitas vezes, excede a iluminação necessária somente para visibilidade. Portanto, os critérios principais do projeto de iluminação para uma aplicação específica são: visibilidade e satisfação visual.

<sup>11</sup> Para a ABNT, em sentido qualitativo, é a capacidade de ver distintamente objetos que se apresentam muito juntos; em sentido quantitativo, é o inverso do valor, geralmente em minutos de arco, do menor ângulo sob o qual o olho pode ainda perceber separados dois objetos, pontos ou linhas que se apresentam muito juntos.

Outro aspecto que não pode ser esquecido na satisfação visual é o ofuscamento<sup>12</sup>, definido como qualquer luminância excessiva, dentro do campo de visão; existem inúmeros tipos de ofuscamento, mas nesta pesquisa pretende-se abordar o ofuscamento oriundo da iluminação natural, principalmente de aberturas laterais, por constituir o objetivo deste trabalho. De acordo com o Projeto de Normalização em Conforto Ambiental, o ofuscamento ocorre a partir de 25000cd/m<sup>2</sup>. HOPKINSON (1976) salienta que o índice de ofuscamento<sup>13</sup> será mais alto sempre que o céu estiver brilhante e seja visto através de uma grande janela, e será reduzido se as imediações forem brilhantes. Fontes de luz brilhantes, como a visão do sol ou de uma determinada região do céu brilhante através de uma janela colocada no final de um longo corredor, podem provocar uma dispersão de luz no olhar e, deste modo, introduzir um efeito sobre o campo visual, resultando numa redução da capacidade de visão.

Dos ritmos que são regulados pela luz, relativamente pouco é conhecido a respeito de níveis de iluminação, ou seja, que quantidade de luz, exatamente, é capaz de interferir na regulação do ciclo dia e noite dos organismos, ou, a que níveis de iluminação devemos estar expostos para tirar proveito de seus benefícios. Pouco também se sabe a respeito do espectro luminoso, hora apropriada (em função da quantidade e qualidade desta luz) e o tempo necessário de exposição para regulá-los, Esses aspectos encontram-se

<sup>12</sup> De acordo com a ABNT é a condição de visão na qual há um desconforto ou uma redução da capacidade de distinguir objetos, ou ambos, devido a uma distribuição desfavorável das luminâncias ou a luminâncias elevadas, ou a contrastes excessivos no espaço ou no tempo.

<sup>13</sup> É a relação entre os fatores que regem o ofuscamento.

sob estudo, assim como a influência da cor da luz nas nossas atividades. (FONSECA et al, 2005)

Deve-se sempre considerar o contexto, ou seja, os outros fatores que podem contribuir para alterações no funcionamento do organismo humano e seu comportamento. Por exemplo: o “stress” pode ser causado por outros fatores, como o próprio cansaço físico; a depressão, que também pode ser causada por outros fatores, que não a alta de cortisol, como uma perda na família, por exemplo, ou fatores de ordem sócio-econômicas.

Uma vez que o passar do dia funciona como um regulador natural de nossas atividades e do funcionamento do relógio biológico, existem condições mais favoráveis para o desempenho das atividades no decorrer do dia, nas quais o organismo apresenta maior ou menor “stress” associado.

Seria interessante que a iluminação artificial pudesse tentar reproduzir as condições de iluminação natural, com a tentativa de prover uma iluminação dinâmica com o passar das horas, que fosse favorável ao funcionamento natural do relógio biológico humano.

Cenas com diversas iluminâncias combinadas a diferentes temperaturas de cor das fontes permitiriam que, mesmo em ambientes fechados, sem a presença da luz natural e também da vista para o exterior tão necessária, segundo LAM (1986) para a satisfação de nossas necessidades biológicas, mantivéssemos a noção do passar do tempo. Esta apresenta sincronia com o processo de regulação do relógio biológico, induzindo ao funcionamento natural do organismo, para um melhor desempenho das atividades.

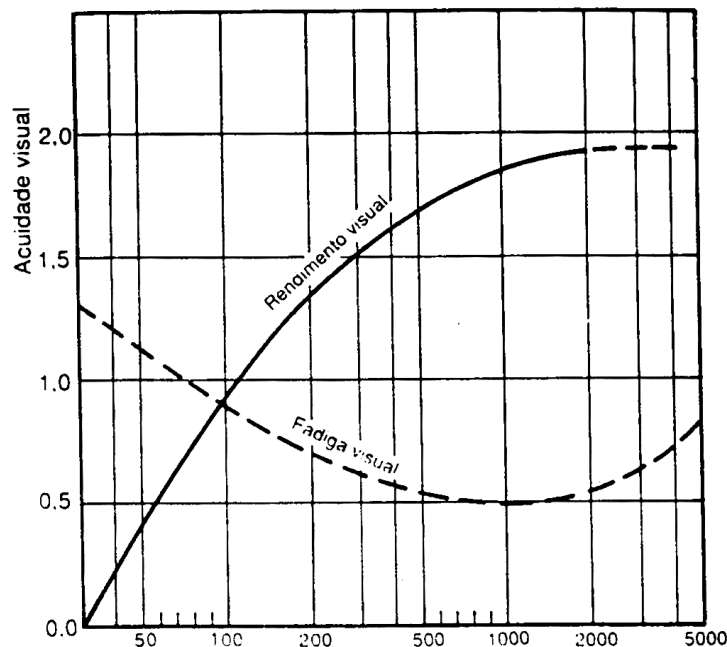
## **2.5. NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO - RECOMENDAÇÕES DE CONFORTO LUMÍNICO.**

As necessidades de iluminação num ambiente estão relacionadas a uma percepção visual adequada, a qual será conseguida se houver luz em quantidade e qualidade suficientes. A iluminação afeta também a orientação espacial, a manutenção da segurança física e a orientação no tempo. Níveis inadequados de iluminação para determinada tarefa visual podem provocar problemas físicos, como dor de cabeça e problemas de visão. Para uma análise e avaliação da qualidade luminosa de um ambiente, devem ser considerados os parâmetros (KOWALTOWSKI et al [1],1997): níveis de iluminação recomendados para a tarefa visual, uniformidade e níveis de contraste, distâncias entre o usuário e o objeto, que afetam a visibilidade, uso das cores nas superfícies, elementos externos e internos de proteção da insolação direta, iluminação artificial suplementar.

A acuidade visual tem sua eficiência estabelecida através da boa qualidade de iluminação do ambiente e da quantidade adequada desta mesma iluminação conforme a exigência da tarefa. A qualidade envolve os aspectos referentes ao ofuscamento, difusão, direção, uniformidade de distribuição, cor, luminância e propagação entre as diferentes fontes para um efeito significativamente positivo na visibilidade (SILVA, 1977). Quanto à intensidade de luz desejada para um ambiente, é necessária a definição da natureza da instalação: o tipo de trabalho a ser realizado no local, o grau de minuciosidade requerido na execução, a cor e refletividade da superfície sobre a qual se desempenha a tarefa, o entorno imediato. A luminância excessiva

pode causar a fadiga visual e o desconforto do usuário que permanece no ambiente, afetando diretamente o seu trabalho e rendimento.

Souza (2003), afirma que o rendimento visual tende a crescer, a partir de 10 lux, com o logaritmo do iluminação até cerca de 1000 lux, enquanto a fadiga visual se reduz nessa faixa. A partir desse ponto, os aumentos da iluminação não provocam melhorias sensíveis no rendimento visual, e a fadiga começa a aumentar. Dessa forma, recomenda-se usar um nível de iluminância máximo de 2000 lux, conforme demonstra a Figura 2-7. Caso exista a necessidade de uma iluminância maior o aconselhável seria utilizar iluminação local como complemento da iluminação geral.



**Figura 2-7- Níveis de iluminaçãox Desempenho da tarefa. (Fonte: HOPKINSON (1975))**

A preocupação com os elementos arquitetônicos como marquises, beirais e dimensões das aberturas deve direcionar o projeto de iluminação em conjunto com as exigências dos níveis mínimos de iluminação permitidos e desejáveis. Os ganhos serão não apenas para o conforto visual, mas também para a eficiência energética. Thomas (1996) diz que o contato com a luz natural

é física, psicológica e arquiteturalmente importante para as pessoas, bem como os níveis de iluminação. Pattini (1999) também apresentou um estudo sobre a importância da iluminação natural em salas de aula, influenciando no rendimento intelectual, de aprendizagem, de atitudes e impactos psicológicos. Coloca a iluminação natural como um recurso vital para o bem estar dentro da escola, acompanhado de dispositivos controladores da insolação excessiva para evitar o desconforto visual.

Recomenda-se que as paredes internas da sala de aula devam ser pintadas com cores claras para refletir uniformemente a luz. A distância do aluno em relação à lousa está determinada pelo formato e tamanho da sala e afeta diretamente a visibilidade do objeto (BERNARDI, 2001).

Os níveis de iluminação propostos por Silva (1977) definem as iluminâncias padrão para diversas atividades e para os ambientes escolares, conforme mostram as Tabela 2-1 e Tabela 2-2.

**Tabela 2-1- Níveis de Iluminação. SILVA (1977)**

<b>Níveis de iluminação de acordo com as tarefas visuais</b>	<b>LUX</b>
<i>Mínimo para ambientes de trabalho</i>	<b>150</b>
<i>Tarefas visuais simples</i>	150 - 400
<i>Observações contínuas de detalhes médios e finos</i>	1 350 - 700
<i>Tarefas contínuas de detalhes visuais finos</i>	1 500 - 1200
<i>Tarefa visual muito fina</i>	1500 - ou mais



**Tabela 2-2- Níveis de iluminação recomendados para ambientes escolares. SILVA (1977)**

ESCOLA	Número de lux recomendado	Número de lux mínimos
Auditório	150	70
Salas de aula	<b>450</b>	<b>200</b>
Biblioteca	<b>450</b>	<b>200</b>
Escritórios	350	180
Corredores e escadas	150	80
Salas de desenho	<b>500</b>	<b>250</b>
Sala de ciências	<b>500</b>	<b>250</b>
Sala de reuniões	150	100
Sala de educação física	150	100
Trabalhos manuais	<b>400</b>	<b>200</b>
Lavatórios	400	200
Sala de costura	500	250
Sala de estudo	<b>400</b>	<b>200</b>
Mesas de trabalho	<b>400</b>	<b>200</b>
Quadro-negro	400	200

Para o controle da insolação excessiva a atenção recai quase exclusivamente sobre os elementos arquitetônicos, uma vez que são eles os determinantes da quantidade de luz que penetra no ambiente. A orientação das janelas (SILVA, 1977), suas dimensões e a presença de vidros definem o grau de iluminação efetivo no ambiente em situação diurna. Também a presença de beirais, marquises ou vegetação externa tem influência direta no resultado final da iluminação interna do ambiente.

### 2.5.1. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.

*O olho humano pode perceber somente superfícies, objetos e as pessoas através da luz que é emitida por eles. Características da superfície, fatores de reflexão e a quantidade e qualidade de luz determinam o aparecimento do ambiente. A habilidade para ver graus de detalhe é substancialmente determinada pelo tamanho do objeto, contraste e a visão do espectador. Melhoramentos no sistema de iluminação em quantidade e qualidade é uma contribuição importante para um bom desempenho visual e geralmente aumentam o desempenho da tarefa, sendo essencial um bom contraste entre os elementos da tarefa e o fundo. (SOUZA, 2003)*

YONEMURA [1981] diz que 2 fatores devem ser levados em conta quando se ilumina um espaço:

- ✦ Aceitabilidade do usuário;
- ✦ Desempenho do trabalho.

Um ambiente aceito pelo usuário é um bom ambiente. Por aceitável, YONEMURA (1981) não quer dizer preferido, mas sim que o ambiente não foi rejeitado pelo usuário. O ambiente visual pode ser satisfatório ou aceitável, mas não necessariamente o preferido ou o de condições ideais. Por exemplo, um usuário pode preferir X lux de iluminância, mas achar 0,5X lux ou 2X lux uma iluminância aceitável. Por outro lado, um projeto que apresente condições ideais para todos os usuários é muito difícil.

Ao considerar os padrões e critérios para iluminar um ambiente, a razão mais óbvia é habilitar os usuários para o desempenho de suas tarefas visuais. SOUZA (2003) afirma que reduzir a qualidade da iluminação com o propósito de

reduzir o consumo pode ser uma alternativa contra-produtiva. A princípio um aumento de iluminação é capaz de melhorar o desempenho da tarefa, desempenho este que obedece à lei da diminuição dos retornos, embora as relações exatas entre a iluminância na tarefa e o desempenho alcançado dependam da natureza da tarefa.

Em uma pesquisa realizada por MILLS e BORG [1998], na qual compararam os níveis de iluminação recomendados em 19 países, foi constatada uma variação muito grande. Os autores acreditam que a explicação para esta enorme diferença entre os níveis recomendados nos diversos países pesquisados seja o fato de que o nível de iluminação tem grandes implicações no consumo de energia. Embora a eficiência dos sistemas de iluminação tenha aumentado nas últimas décadas, o problema energético ainda continua.

A Bélgica, o Brasil e o Japão são os países que recomendam os níveis de iluminação mais elevados. A Austrália, a China, o México e a Rússia (antiga União Soviética) têm os níveis mais baixos. As recomendações Norte Americanas sugerem níveis de iluminação que representam a média na maioria dos casos.

Um outro aspecto importante diz respeito ao tipo de iluminação utilizada, natural ou artificial. A Alemanha, por exemplo, possui duas normas de iluminação, a DIN 5035 [1983] que recomenda os níveis de iluminação artificial e a DIN 5034 [1983] que trata dos níveis de iluminação quando há a integração da luz natural com a artificial. Os valores recomendados pela DIN 5034 [1983] são aproximadamente 40% menores que os recomendados quando se utiliza apenas luz artificial.

Fatores que complicam ainda mais a escolha do nível de iluminação adequado é o fato de que as pessoas diferem quanto às suas preferências de qualidade e intensidade da iluminação, as quais podem ser determinadas por fatores sociais, culturais e econômicos. A idade, o gênero, a hora dia e o período do ano também afetam os níveis de iluminação desejáveis. O projetista de iluminação deve ter bem claro que a iluminância é apenas um dos fatores que determinam a qualidade do sistema. Fatores como: iluminância horizontal x iluminância vertical, brilho das superfícies, contraste entre tarefa e fundo e características das fontes (índice de reprodução de cores e temperatura da cor correlata) são fatores que jamais poderão ser negligenciados, sob pena dos resultados esperados não serem alcançados. Porém, quando se pretende realizar uma análise da eficiência energética da edificação, o nível de iluminação torna-se um fator chave no processo.

Segundo SILVA (1976), a capacidade do olho diminui com a idade, devido à perda da capacidade de acomodação visual. Mas é possível estabelecer a luminância necessária para compensar a perda do tamanho da pupila; na Tabela 2-3, tem-se uma relação entre a idade e a iluminação necessária.

**Tabela 2-3- Relação entre a idade e a iluminação necessária Fonte: SILVA (1976).**

Idade	Área relativa da pupila	Iluminação relativa necessária
20 anos	100%	100lux
30 anos	84%	108 lux
40 anos	69%	122 lux
50 anos	55%	143 lux
60 anos	43%	174 lux
70 anos	33%	216 lux

VIANNA (2001) complementa que também em função da idade ocorre a diminuição na habilidade de perceber movimentos no campo visual periférico e a diminuição na resistência à perturbação por ofuscamento ou contraste excessivo. (Figura 2-8).

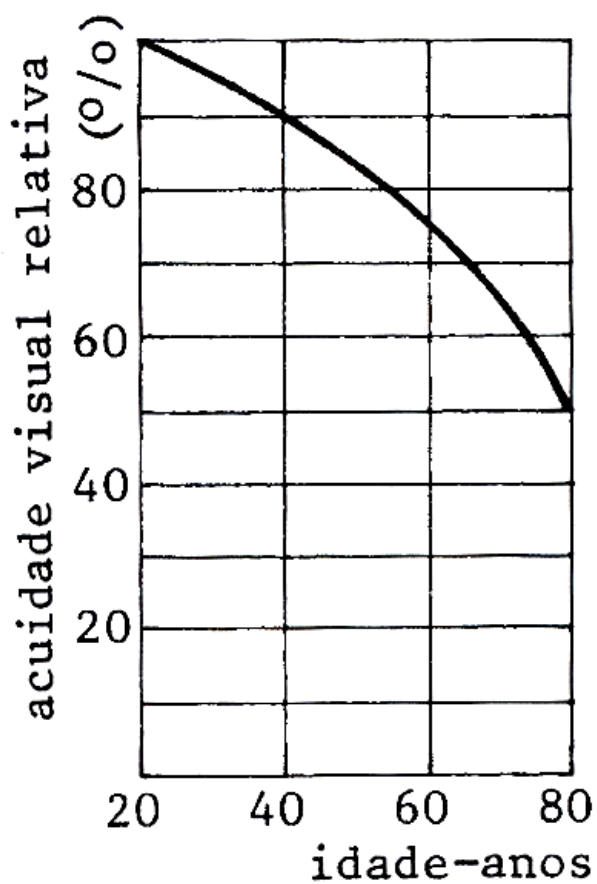


Figura 2-8- Relação da acuidade visual com a idade (Fonte: VIANNA (2001). p.95.)

### 2.5.1.1. CRITÉRIO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL

O critério utilizado nesta pesquisa para se determinar os níveis de conforto com relação à iluminação natural foi o de valores mínimos recomendados para iluminâncias de acordo com a Tabela 2-4.

**Tabela 2-4: Níveis de iluminação artificial prescritos pelo IES e pela NBR 5413 ( Fonte : NBR 5413 (ABNT,1991)).**

Tipo de atividade	Nível de iluminância	Plano de trabalho de referência
Espaços públicos com entorno escuro	20-30-50	Níveis gerais de iluminação
Orientação simples para visitas curtas	50-75-100	
Local de trabalho com tarefas visuais ocasionais	100-150-200	
Tarefas visuais de grande tamanho e contraste	200-300-500	Iluminância na tarefa
Tarefas visuais de contraste médio ou tamanho pequeno	500-750-1000	
Tarefas visuais com baixo contraste ou tamanho muito pequeno	1000-1500-2000	
Tarefa visual de baixo contraste e tamanho pequeno por período prolongado	2000-3000-5000	Iluminância na tarefa, geral e suplementar.
Tarefa visual prolongada que requer exatidão	5000- 7500-1 0000	
Tarefas especiais de tamanho muito reduzido e com baixos contrastes	10000-15000-20000	

Fonte: NBR 5413 (ABNT, 1991).

## 2.5.2. PROCEDIMENTOS

Ao se projetar, são necessárias ferramentas que auxiliem na avaliação do desempenho da luz natural. BAKER et al. (1993) dividem estas ferramentas de avaliação em três setores:

- ✦ Medidas em escala real ou maquetes;
- ✦ Ferramentas simplificadas (diagramas, como por exemplo o de Waldram);
- ✦ Simulação computacional.

## 2.5.3. MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA - AMBIENTES REAIS

As medições de iluminância podem ser realizadas em ambientes reais ou em modelos físicos executados em escala reduzida. (ABNT, NBR 5413 )

As medições em ambientes reais (avaliação *in loco*), têm como objetivo avaliar as condições de iluminação natural do ambiente construído, em condições reais de ocupação e utilização. (ABNT, NBR 5413 )

### 2.5.3.1. MEDIÇÕES EM AMBIENTES REAIS

De acordo com a Norma Brasileira (ABNT, NBR 5413)...

*Para uma avaliação mais precisa dos níveis de iluminação, os procedimentos seguintes para as medidas devem ser observados:*

*a) considerar a quantidade de luz no ponto e no plano onde a tarefa for executada, seja horizontal, vertical ou em qualquer outro ângulo;*

*b)manter o sensor paralelo à superfície a ser avaliada ou deixá-lo sobre a superfície cujos níveis de iluminação estão sendo medidos;*

*c)atentar para o nivelamento da fotocélula quando ela não for mantida sobre a superfície de trabalho e sim na mão da pessoa que faz as medições, pois pequenas diferenças na posição podem acarretar grandes diferenças na medição;*

*d)evitar sombras sobre a fotocélula, acarretadas pela posição de pessoas em relação à ela, a não ser que seja necessário para a caracterização de um posto de trabalho;*

*e)verificar, sempre que possível, o nível de iluminação em uma superfície de trabalho, com e sem as pessoas que utilizam estes ambientes em suas posições, desta forma, é possível verificar eventuais falhas de leitura;*

*f)expor a fotocélula à luz aproximadamente cinco minutos antes da primeira leitura, evitando-se sua exposição a fontes luminosas muito intensas, como por exemplo, raios solares;*

*g)realizar as medições num plano horizontal a 75 cm do piso quando a altura da superfície de trabalho não é especificada ou conhecida.*

Em virtude da variação freqüente deste tipo de céu ao longo do dia e do ano, para valores mais precisos de níveis de iluminação, deve-se verificá-lo em diferentes horas do dia ( horário legal ) e também em diferentes épocas do ano.

Para levantamentos nos quais não seja possível um monitoramento da iluminação natural ao longo do ano recomenda-se verificar a iluminância nas condições de céu mais representativas do local nos seguintes períodos:

*a)em um dia próximo ao solstício de verão ( 22 de dezembro );*

*b)em um dia próximo ao solstício de inverno ( 22 de junho );*



c) de duas em duas horas a partir do início do expediente ( horário legal). (ABNT, NBR 5413 )

### **2.5.3.2. ILUMINÂNCIA EM PLANOS DE TRABALHO**

Para avaliação da iluminância em postos de trabalho devem-se fazer medições em uma quantidade de pontos suficiente para caracterizar adequadamente tal plano.

### **2.5.3.3. QUANTIDADE DE PONTOS**

Para determinar o número mínimo de pontos necessários para verificação do nível de iluminação natural com erro inferior a 10% deve-se determinar o Índice do Local (K) pela expressão (1) e recorrer à Tabela 2-5.

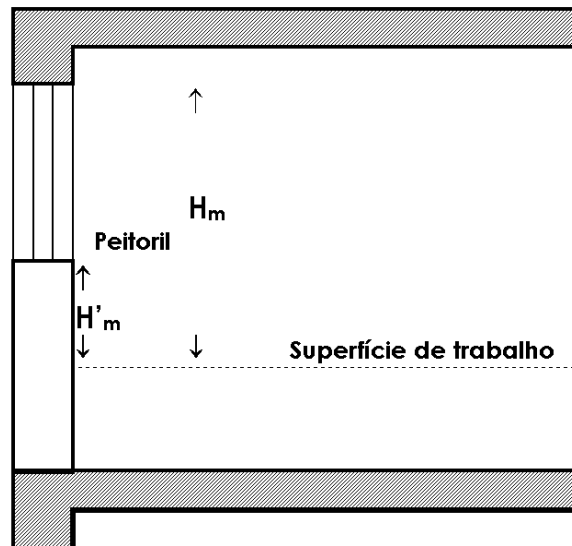
$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (1)$$

Onde:

L é a largura do ambiente, em metros [m];

C é o comprimento do ambiente, em metros [m];

$H_m$  é a distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros [m], conforme indica a Figura 2-9



**Figura 2-9- Determinação de  $H_m$ .**

Quando o peitoril da janela estiver mais de um metro acima do plano de trabalho, deve-se tomar  $H_m$  como a distância vertical entre a superfície de trabalho e o peitoril ( $H'_m$ ).

**Tabela 2-5- Quantidade mínima de pontos de medição Fonte: CIBSE (1984).**

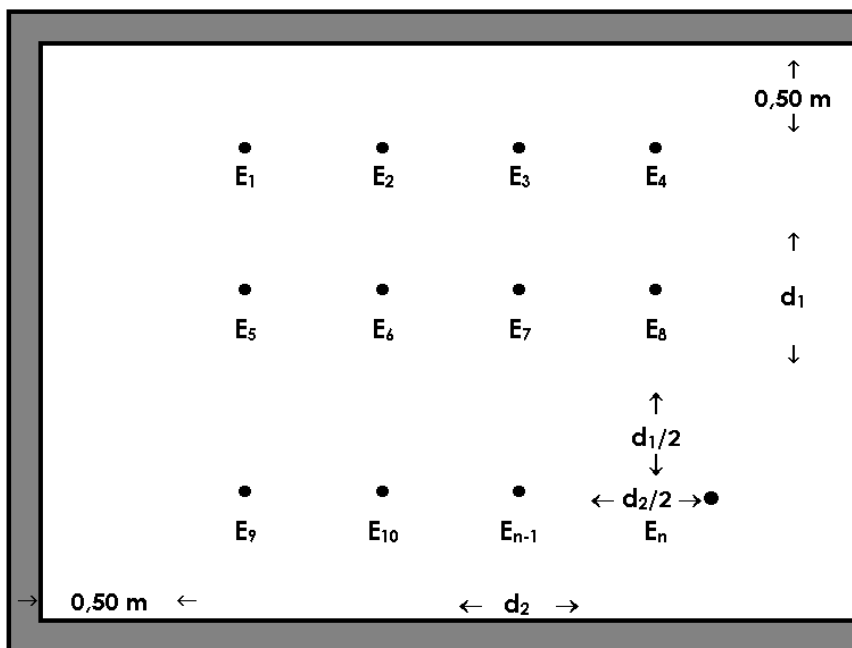
K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Salienta-se que este índice caracteriza um número mínimo de pontos de medição. Este número deve ser aumentado para que se consiga simetria nas medições e sempre quando se desejar uma melhor caracterização da iluminância do ambiente.

#### **2.5.3.4. MALHA DE PONTOS PARA MEDIÇÕES**

De acordo com a Norma Brasileira (ABNT, NBR 5413), o ambiente interno deve ser dividido em áreas iguais, com formato igual ou próximo a um

quadrado. A iluminância  $E$  é medida no centro de cada área, conforme mostra a Figura 2-10.



**Figura 2-10- Malha de pontos para medições.**

Deve-se planejar a malha evitando pontos muito próximos às paredes. Para isto, recomenda-se um afastamento mínimo de 0,50 m. Sempre que possível deve-se fazer  $d_1 = d_2$ .

### 2.5.3.5. MEDIÇÃO DA ILUMINÂNCIA EXTERNA DE REFERÊNCIA

Recomenda-se a medição da iluminância externa horizontal na condição mais desobstruída possível.

O sensor, entretanto, deve estar protegido da incidência dos raios diretos do sol.

### 2.5.4. ILUMINÂNCIA

Como já citado, as medições de iluminância para avaliação das condições internas de iluminação do ambiente construído, podem acontecer através de vários métodos; nesta pesquisa, a avaliação se realizou em ambientes reais (avaliação *in loco*), obedecendo a parâmetros estabelecidos pela proposta de normalização realizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em parceria com a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, com apoio do convênio UFSC/FINEP, apresentada no texto Iluminação Natural: Medições das Condições Internas, coordenado por PEREIRA (1997). Neste projeto de norma são expostos:

- ✦ processos de medição de iluminância e luminância para a avaliação das condições internas de iluminação das edificações;
- ✦ instrumentos utilizados para a realização das medições;
- ✦ toda a orientação para a execução das medições.

Desta maneira, pode-se avaliar as condições de iluminação natural da edificação em situação real de ocupação e utilização, obtendo assim, subsídios para indicar se o projeto atende às atividades desenvolvidas e se o ambiente satisfaz às necessidades dos usuários.

Esta norma prescreve que para uma completa análise do ambiente devem ser verificadas ainda a diversidade e a uniformidade de iluminância.

#### **2.5.4.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE DE ILUMINÂNCIA**

A diversidade de iluminância pode ser definida como a razão entre a iluminância máxima e a iluminância mínima medidas em um ambiente; o Projeto de Normalização em Conforto Ambiental recomenda que este valor

não exceda a relação 5:1 pois, caso contrário, existirão dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A uniformidade de iluminância é definida como a razão entre a iluminância mínima medida em um ambiente e a média aritmética das iluminâncias do mesmo; o Projeto de Normalização em Conforto Ambiental estabelece que o valor não deve ser inferior a 0.8, ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

$$\text{Diversidade} = \frac{\text{Iluminância máxima}}{\text{Iluminância mínima}}$$

$$\text{Uniformidade} = \frac{\text{Iluminância mínima}}{\text{Iluminância média}}$$

## 2.6. ILUMINAÇÃO DE SALAS DE AULA.

As salas de aula necessitam de iluminação de excelente qualidade, pois a tarefa visual inclui desde a visão a distância, como ler na lousa, até as próximas, como ler e escrever. GHISI (1997) em sua pesquisa afirma que as salas de aula devem ter iluminância de 300 lux em locais onde os usuários apresentam menos de 40 anos, e onde a refletância de fundo da tarefa esteja entre 30 e 70% . Para a lousa, propõe uma iluminância media de 500lux.

As refletâncias das superfícies internas de salas de aula sugeridas por IESNA (1995) são apresentadas na Tabela 2-6.

**Tabela 2-6- Refletâncias recomendadas para salas de aula segundo IESNA (1995)**

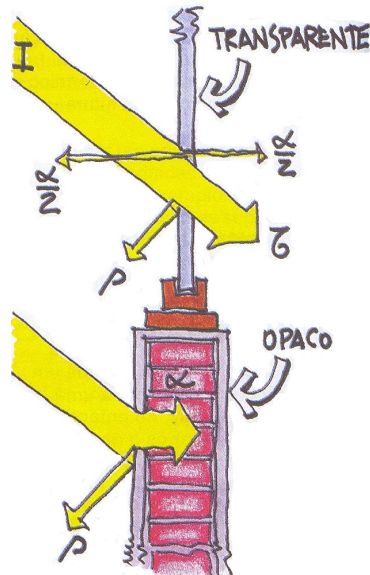
Superfície	Refletância
Piso	30 a 50 %
Parede	40 a 60 %
Teto	70 a 90 %
Lousa	Inferior a 20 %
Tarefa	35 a 50 %

Sugere-se ainda a adoção de refletâncias elevadas para as paredes adjacentes à janela para evitar grandes variações de iluminância entre a janela e a parede.

No momento em que um fluxo luminoso<sup>14</sup> encontra uma superfície, esta é dita iluminada. Caso esta superfície seja opaca, ou seja, aquelas cujas propriedades ópticas essenciais são regidas pelas leis da reflexão e da difusão luminosas (, o fluxo será em parte absorvido e em parte refletido. A parte absorvida pela superfície é transformada em calor que será reemitido para o exterior e o restante para o interior (Figura 2-11). Quanto à porção refletida, pode acontecer reflexão em uma única direção ou em várias direções, variando de acordo com a superfície, se for especular ou fosca, respectivamente. Tratando-se de uma superfície transparente ou translúcida, ou seja, superfícies que permitem a passagem da luz, têm-se o acréscimo da parte do fluxo que atravessa diretamente a superfície. (Figura 2-11). Superfícies

<sup>14</sup> HOPKINSON (1066) define fluxo luminoso como a quantidade característica de fluxo radiante que exprime a sua capacidade de provocar uma sensação luminosa, avaliada de acordo com os valores de rendimento luminoso relativo. A ABNT, na NBR 5462 – Iluminação, define o fluxo luminoso como grandeza derivada do fluxo radiante pela avaliação de acordo com a sua ação sobre um receptor seletivo, cuja sensibilidade espectral é definida pelas curvas de eficácia luminosa espectral padrão CIE. O fluxo luminoso é representado pelo símbolo  $\Phi$  e expresso em lumens.

translúcidas são aquelas que em que a luz é transmitida, dispersando-se por meio de refrações nas mais variadas direções.



**Figura 2-11- Comportamento do fluxo luminoso sobre uma superfície opaca** Fonte: LAMBERTS (1991)

As superfícies interiores afetam não só a quantidade de luz, mas também as condições de adaptação e, conseqüentemente, o nível de ofuscamento que será verificado no ambiente. Portanto, a iluminação interior, tanto em quantidade como em qualidade, é uma função, não apenas da dimensão, localização e tipologia das janelas, mas também das propriedades refletoras das superfícies interiores (cor das paredes, teto, piso e acabamento), bem como dos objetos ali presentes.

### 2.6.1. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

A APO, do inglês Post-Occupancy Evaluation (POE), a avaliação retrospectiva de ambientes construídos, (no sentido de repensar o projeto após sua utilização) contribui de maneira significativa no processo de avaliação, combinando a avaliação técnica e o ponto de vista dos usuários.

Avaliações Pós-Ocupação (APOs) realizadas em edificações escolares em vários estados do país apontam freqüentemente problemas, principalmente referentes ao conforto ambiental (térmico, acústico, lumínico e funcional). As principais falhas observadas dizem respeito às condições de conforto térmico e à funcionalidade (KOWALTOWSKI *et al.*, 2001). A adoção de projetos padrão para as edificações escolares tem sido uma das causas de problemas de conforto ambiental. A padronização, muitas vezes, não leva em conta situações locais específicas, resultando em ambientes escolares desfavoráveis.

Para PREISER apud ORNSTEIN (1988) a APO "é um processo de avaliação de um edifício de um modo rigoroso e sistemático, após a sua construção e ocupação por certo período de tempo. A APO focaliza os usuários do edifício, e suas necessidades e, desta feita, provê conhecimento sobre as conseqüências das decisões passadas de projeto e o desempenho resultante do edifício. Este conhecimento forma uma base sólida para a concepção de futuros edifícios".

KOWALTOWSKI e FUNARI, (2005) citam:

*Por proporcionar condições de ensino à população, a edificação escolar é um equipamento de significativa importância no contexto social, cultural e econômico de um país. Quando se faz referência a um país em desenvolvimento, com grandes desigualdades econômicas e sociais, a importância desse equipamento se intensifica. Como a configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio exercem grande predominância na evolução do aprendizado, pode-se dizer que a qualidade dos edifícios escolares tem um papel significativo no desenvolvimento social e econômico de um país.*



Dentre os procedimentos básicos geralmente aplicados numa APO, em uma escola, podem ser destacados: a) Levantamento da memória do projeto e das possíveis modificações efetuadas pelos usuários; b) Levantamento do estado de conservação e manutenção do edifício; c) Entrevistas abertas com a assistente da diretora e/ou a diretora; d) Obtenção de dados de funcionamento da escola e das características dos seus estudantes; e) Levantamento fotográfico; f) Desenvolvimento de instrumentos para coleta de dados; g) Pré-teste dos instrumentos de coleta; h) Vistorias técnicas a partir de checklists; i) Aplicação dos questionários; j) Coleta dos questionários; k) Tabulação e análise dos dados; l) Diagnóstico final e; m) Recomendações e diretrizes para futuros projetos.

Em termos funcionais pode-se sintetizar o método de avaliação do ambiente construído dividindo-o em três partes:

- ✦ Avaliação do usuário;
- ✦ Avaliação técnica;
- ✦ Diagnóstico.

A avaliação técnica tem como objetivo extrair dados que servirão de base para analisar as informações obtidas junto aos usuários. Esses dados também podem ser comparados com normas, códigos, permitindo obter conclusões.

O diagnóstico é a parte mais importante de toda a pesquisa, pois é nele que se faz o confronto das opiniões e sensações dos usuários com o respaldo técnico obtido através das medições. Tem a função de subsidiar ações específicas de intervenção no processo de produção e manutenção da edificação. Em suma, o resultado obtido no cruzamento dos dados referentes à

avaliação técnica com as normas citadas, foi recruzado com a avaliação dos usuários, resultando-se na confecção do diagnóstico final. No presente trabalho encontra-se associado aos resultados e discussão.

SERRA (1990) diz que para um melhor entendimento da APO é necessário o conhecimento prévio de dois conceitos que estão estritamente ligados a esta metodologia: desempenho do edifício<sup>15</sup> e avaliação do usuário<sup>16</sup>.

SARDEIRO (2001) classifica a APO no Brasil em três graus de aplicação distintos de profundidade:

- ✦ A curto prazo - resulta em pequenos trabalhos de consultoria e de pesquisa. Entre levantamento de campo e demonstração dos resultados, tem uma duração máxima de 06 meses e visa propor melhorias, reformas específicas, ou ainda, programas de manutenção, de rápida implantação e custo reduzido;
- ✦ A médio prazo - resulta de trabalhos de pesquisa de porte médio; o tempo máximo para o levantamento de campo e demonstração dos resultados é de 36 meses e visa implantar propostas de intervenção;
- ✦ A longo prazo resulta na formulação, correção e otimização de regulamentação de serviços de apoio à comunidade; diretrizes para projetos e construção de edificações futuras; critérios de avaliação de desempenho do edifício; especificações técnicas e/ou normas.

<sup>15</sup> Desempenho do edifício está ligado à idéia de conjunto, no sentido de que o desempenho geral de um sistema, é na verdade a somatória do desempenho de seus componentes.

<sup>16</sup> Avaliação do usuário é realizada para somar-se com as medições técnicas para fornecer mais segurança para a avaliação de um componente ou sistema.

A avaliação Pós-Ocupação pode ser global ou apenas diagnosticar os problemas de uma área restrita; nesta pesquisa a questão avaliada será o conforto ambiental, dando-se maior ênfase ao conforto luminoso, por ser o foco deste trabalho. A avaliação do ambiente construído realizou-se através da verificação da sua eficiência, a qual é medida pela satisfação dos usuários, com o auxílio de questionários, observações e entrevistas.

### **2.6.1.1. ACEITAÇÃO DO USUÁRIO**

Embora a tecnologia hoje existente permita a criação de projetos de iluminação inovadores, energeticamente eficientes e aparentemente ergonômicos, estes sistemas somente darão o retorno esperado se o usuário final for levado em consideração desde as etapas iniciais de projeto. Normalmente programas de incentivo para projetistas, arquitetos, engenheiros e fomentadores enfocam sempre uma análise custo/benefício dos vários sistemas de iluminação e esquecem que um usuário descontente poderá acabar com todos os benefícios prometidos pelo sistema.

O usuário é uma das fontes mais indicadas para observações sobre o desempenho do edifício, porque é ele quem o habita e, conseqüentemente, pode opinar sobre seu funcionamento e seu desempenho.

A função do usuário no controle ambiental e sua participação ativa são vistas como essenciais, pois construções com controle mecânico automático têm causado grande insatisfação. A manipulação dos controles oferece uma resposta clara ao clima externo e também permite antecipar os efeitos da condição climática antes que esta se manifeste no interior do ambiente.

O mais importante é que o projeto de controle mecânico possa ser manipulado por uma variedade de indivíduos no ambiente, em oposição a um controle centralizado. Este deve estar localizado de forma a ser efetivamente manipulado quando a situação ambiental assim o indicar, e conter informações ao usuário sobre a maneira como ele deve ser operado.

### **2.6.1.2. QUESTIONÁRIO**

Existem diversos instrumentos de coleta de dados que podem ser utilizados para obter informações acerca de grupos sociais. Um dos mecanismos escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa foi o questionário. (anexo 01)

A opção pelo questionário deve-se a este possuir certas vantagens, como:

- ✦ Permitir obter informações de um grande número de pessoas simultaneamente ou em um tempo relativamente curto;
- ✦ Apresentar relativa uniformidade de uma medição a outra, pelo fato de que o vocabulário, a ordem das perguntas e as instruções são iguais para todos os entrevistados;
- ✦ A tabulação dos dados pode ser feita com maior facilidade e rapidez que com outros instrumentos.

# 3. CAPÍTULO

## 3. ABERTURAS

Em uma edificação uma abertura pode representar:

- 🔑 uma simples porta de entrada,
- 🔑 uma passagem,
- 🔑 uma divisória,
- 🔑 uma janela,
- 🔑 à altura dos olhos,
- 🔑 fora do alcance dos olhos,
- 🔑 grudada ao chão,
- 🔑 grudada ao teto,
- 🔑 rasgando a parede de um lado a outro,
- 🔑 tímida, em um cantinho, só para entrar uma brisa suave,
- 🔑 uma luminária durante o dia,
- 🔑 um perigo durante a noite.

De forma simplificada resume-se o elemento de abertura estudado nessa dissertação como janela lateral, cujas funções são observadas na figura 3-1.



**Figura 3-1: Aberturas**

### 3.1. FUNÇÕES

Quando há uma referência a um vão ou uma abertura, considera-se que estes constituem vazios. As aberturas, numa edificação, são a forma pela qual o homem permanece em contato com o exterior. Através das aberturas o homem entra e sai; a luz, o ar e o som do exterior são admitidos no interior. Dependendo do tipo de edificação, das atividades que aí se desenvolvem, do entorno, etc., varia a quantidade de luz, de ar e de som que se deseja que entre no ambiente. (MAGALHÃES, 1995)

A janela, como uma abertura de uma edificação, destina-se, principalmente, à entrada de luz e ventilação natural, sendo normalmente guarnecida por uma moldura na qual são instaladas esquadrias móveis contendo partes envidraçadas. Sua estrutura pode ser constituída de diversos materiais e o sistema de vedação pode ser simples ou com múltiplas placas de vidros (CHING, 2000).

A janela não se restringe à função de iluminação natural, sendo também meio de ventilação e de visão do exterior. A obtenção satisfatória do cumprimento de cada uma dessas funções depende de vários fatores, diferenciados pelas características particulares de cada edificação. As dimensões das aberturas vêm se ampliando, em parte, como resposta às três funções citadas acima.

De acordo com KOENIGSBERGER et al. (1977), quando se aplica o princípio da separação de funções conseguem-se as melhores soluções. Não é regra utilizar um único tipo de abertura para cumprir as três funções citadas acima; pode-se estipular aberturas para a iluminação, outras para a ventilação e outras para a visibilidade.

As funções e a concepção da janela evoluíram. Ela tornou-se estanque ao ar, para permitir o domínio da ventilação e, dessa forma, de uma parte das trocas de energia. Atribuiu-se uma função de isolamento térmica, bem como de acústica. Deseja-se, ainda, que ela permita, de novo, ventilação ao aposento, através de uma entrada de ar incorporada, por vezes auto-regulável. Evidentemente todas as outras funções deverão ser asseguradas. É necessário tentar conciliar funções imperativas contraditórias, sejam as mais aparentes - estanqueidade ao ar, isolamento acústica e entrada de ar - ou as mais ocultas, como a estanqueidade reforçada ao ar e à água, isolamento acústica e térmica.

Sendo sua finalidade favorecer a quantidade de luz natural, fenestration (fenestração) é a palavra usada por MOORE (1991) como função primordial de iluminação natural num plano de trabalho. A fenestração deve:

- ✦ maximizar a quantidade de luz transmitida por unidade de área envidraçada;

- ✦ controlar a penetração da luz solar direta no plano de trabalho;
- ✦ minimizar a redução da iluminância no plano de trabalho, resultante da fenestração de localização baixa;
- ✦ minimizar ofuscamento nos planos de trabalho, resultante da fenestração de localização alta;
- ✦ minimizar o ganho de calor durante períodos superaquecidos;
- ✦ minimizar a perda e o ganho de calor por condução.

Em latitudes próximas aos trópicos o problema do ganho de calor deve ser encarado com maior seriedade, por ser a janela o elemento construtivo transparente à radiação solar, e conseqüentemente permitindo o ingresso significativo de energia no interior.

Conforme ROUSSEAU (2003), as janelas são compostas por uma montagem de diversos tipos de materiais que, como um sistema, precisa executar as mesmas funções das paredes opacas, além de outras. Para isso, são exigências em relação ao seu desempenho: controle do fluxo de calor, controle do fluxo de ar, controle do fluxo de vapor d'água, controle da condensação, controle da penetração de chuva, controle da radiação solar, controle da transmissão sonora, prevenção da entrada de insetos, controle da propagação de fogo, possibilidade de uso como eventual rota de fuga em caso de incêndio, funcionamento que previna intrusão forçada, facilidade de operação por todos os usuários, resistência e rigidez, boa vida útil, harmonia com os ambientes e ser econômica.



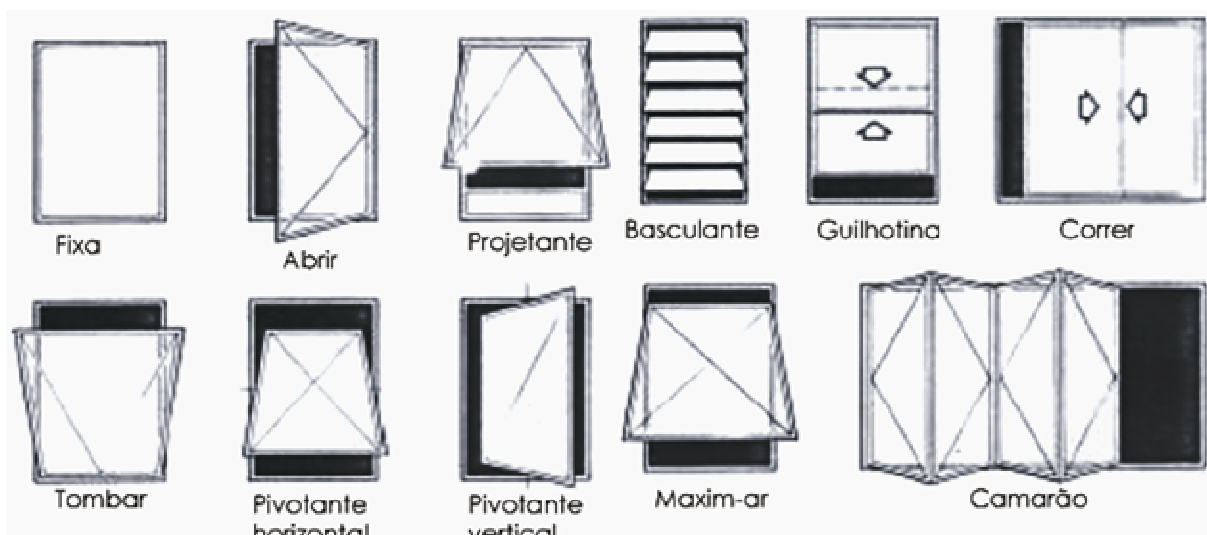
### **3.1.1. TIPOLOGIA**

Segundo LAM (1986), recomenda-se que a forma da abertura possa sempre maximizar os benefícios da iluminação e minimizar os problemas. Portanto, a tipologia de uma abertura para um ambiente deve considerar um aproveitamento otimizado da luz do dia, evitando, na medida do possível, o desperdício com gastos referentes ao uso da iluminação artificial.

Tudo o que se constrói, hoje, deve atender ao Código de Obras de cada município, que regula a área do vão e nada especifica sobre a tipologia da janela. É uma solução econômica a curto prazo, pois irá resultar em falta de qualidade ao ambiente e maior gasto com energia elétrica.

Apesar da existência de excelentes referências da arquitetura brasileira moderna das décadas de 50 e 60, o país importou muitos conceitos em arquitetura, entre os quais as tipologias de aberturas, gerando, assim, um conflito, devido principalmente à divergência de luminosidade e clima. (Sardeiro, 2001).

Segundo BECKETT & GODFREY (1978), a escolha da tipologia das janelas varia de acordo com a necessidade de cada usuário e com o ambiente no qual ela será inserida. Os modelos mais usados de janelas são referenciados na Figura 3-2.



**Figura 3-2- .Tipologia de janelas. (Fonte: BECKETT & GODFREY, 1978)**

No mercado nacional existem diversos tipos de janela, com características distintas para atender as especificações dos projetos. As janelas são classificadas de acordo com a movimentação de suas folhas, mas pode-se dizer que se enquadram em três grupos básicos:

- ✦ Janelas fixas;
- ✦ Janelas de movimento simples;
- ✦ Janelas de movimento composto.

Ressalte-se também que se pode encontrar janelas especiais, resultantes da combinação de dois ou mais tipos diferentes. No Quadro 3-1 apresenta-se as características, vantagens e desvantagens de cada tipologia de janela .

**Quadro 3-1 - Vantagens e desvantagens dos tipos de janelas (Fontes: BECKETT & GODFREY, 1978 e BRASKEM, 2003).**

Tipos	Características	Vantagens	Desvantagens
-------	-----------------	-----------	--------------

<b>Janela de correr</b>	Possui uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento horizontal no plano da folha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ fácil operação;</li> <li>✓ ventilação regulável conforme a abertura das folhas;</li> <li>✓ permite instalar grades, persianas ou cortinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ vão livre para ventilação de não mais que 50%;</li> <li>✓ dificuldade de limpeza nas faces externas;</li> <li>✓ riscos de infiltração de água através dos drenos do trilho inferior, em vedação mal executada.</li> </ul>
<b>Janela guilhotina</b>	É formada por uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento vertical no plano da janela.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ possui as mesmas vantagens da janela de correr, caso as folhas tenham sistemas de contrapeso ou sejam balanceadas; do contrário, as folhas devem ter retentores nas guias do marco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ além das desvantagens da janela de correr, exige manutenção mais freqüente para regular a tensão nos cabos e o nível das folhas.</li> <li>✓ risco de quebra de cabos.</li> </ul>
<b>Janela projetante</b>	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em rotação em torno de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade superior da folha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ permite ventilação nas áreas inferiores do ambiente, mesmo com chuva sem vento;</li> <li>✓ boa estanqueidade ao ar e à água;</li> <li>✓ não ocupa espaço interno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ limpeza difícil na face externa;</li> <li>✓ não permite uso de grade ou tela na parte externa;</li> <li>✓ libera parcialmente o vão;</li> <li>✓ não direciona bem o fluxo de ar.</li> </ul>
<b>Janela projetante deslizante (Maxim-ar)</b>	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal, com translação simultânea desse eixo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ as mesmas vantagens da janela projetante;</li> <li>✓ com braço de articulação adequado pode abrir em ângulo de até 90°, facilitando limpeza e ventilação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ as mesmas desvantagens da janela projetante, exceto no item relativo à limpeza, quando o braço permite abertura da folha a 90°.</li> </ul>
<b>Janela de tombar</b>	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade inferior da folha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ permite ventilação nas áreas superiores do ambiente, mesmo com chuva sem vento;</li> <li>✓ boa estanqueidade ao ar e à água;</li> <li>✓ não ocupa espaço interno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ as mesmas desvantagens da janela projetante.</li> </ul>

<b>Janela de abrir (folha simples ou dupla)</b>	É formada por uma ou mais folhas que se movimentam mediante rotação em torno de eixos verticais fixos, coincidentes com as laterais das folhas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>quando aberta, libera 100% do vão para ventilação;</li> <li>fácil limpeza da face externa;</li> <li>boa estanqueidade ao ar e à água;</li> <li>permite grades quando a folha abre para dentro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ocupa espaço interno quando abre para dentro;</li> <li>não permite, sem trava, regulagem ou direcionamento do fluxo de ar;</li> <li>não permite tela ou grade, se abrir para fora, ou cortina, se abrir para dentro.</li> </ul>
<b>Janela reversível (janela de abrir e tombar)</b>	Possui uma ou mais folhas que podem se movimentar em torno dos eixos verticais e horizontais, coincidentes com as laterais e com a extremidade inferior da folha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>as mesmas vantagens das janelas de abrir e de tombar (pode ser utilizada dessas duas formas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>necessita grande rigidez no quadro da folha para evitar deformações;</li> <li>limitações no uso de grades, persianas ou telas;</li> <li>acessórios de custo elevado.</li> </ul>
<b>Janela pivotante (vertical e horizontal)</b>	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas mediante rotação em torno de um eixo horizontal ou vertical não coincidente com as laterais e extremidades da folha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>facilidade de limpeza da face externa;</li> <li>a janela pivotante horizontal permite direcionamento do fluxo de ar para cima ou para baixo;</li> <li>a pivotante vertical permite direcionar o fluxo de ar para a direita ou para a esquerda;</li> <li>ambas ocupam pouco espaço na área de utilização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dificuldade para instalação de tela, grade, cortina ou persiana;</li> <li>para grandes vãos, necessita de fechos perimetrais.</li> </ul>
<b>Janela basculante</b>	Possui eixo de rotação horizontal, centrado ou excêntrico, não coincidente com as extremidades superiores ou inferiores da janela.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ventilação constante com chuva sem vento;</li> <li>facilidade de limpeza da face externa;</li> <li>pequena projeção interna e externa, permitindo uso de tela ou cortina;</li> <li>favorece o direcionamento do fluxo de ar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>não libera o vão totalmente;</li> <li>estanqueidade reduzida, dado o grande comprimento de juntas.</li> </ul>

### 3.1.2. DIMENSÃO E ORIENTAÇÃO

O mercado de esquadrias procura trabalhar com dimensões padronizadas, moduladas em 10 cm. O uso de esquadrias padronizadas está diretamente ligado com a economia, já que as esquadrias especiais são mais dispendiosas. No Quadro 3-2 referenciam-se dimensões de mercado.

**Quadro 3-2- Dimensões de referência de janelas comercializadas. (TIBIRIÇÁ, 2005)**

Tipologia	Altura (cm)	Largura (cm)
Vitrôs, basculantes	40, 50, 60, 70, 80	40, 50, 60, 70, 80, 100, 120
Janelas	100, 110, 120, 130, 140, 150	100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240
Portas	210, 215, 220	60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200

A dimensão das janelas deve-se limitar às necessidades e exigências funcionais, por várias razões ligadas ao conforto ambiental.

É importante que se limite as dimensões das janelas por vários fatores citados por HOPKINSON (1976):

- ✦ a perda e ganho de calor através dos vidros das janelas, os quais transmitem mais calor do que qualquer parede convencional;
- ✦ o problema do ruído;
- ✦ o custo de elementos transparentes ou translúcidos a serem empregados, comparado com a área de parede equivalente;
- ✦ a questão da iluminação, que fixa um tamanho das janelas, pois segundo este autor, o trabalho visual que se exige na nossa civilização não pode ser feito, de uma maneira confortável, sob a luz do céu muito intensa.

CINTRA DO PRADO (1961) complementa: as aberturas devem ser previstas de modo a assegurar o nível de iluminância mínimo recomendável, mas nunca tão amplas que dêem lugar a uma iluminação exagerada durante grande parte do dia, e ao correlato excesso de calor, nos climas quentes. SARDEIRO (2001) reforça dizendo que a iluminância deve possuir um mínimo de uniformidade no plano de utilização, sobretudo tratando-se de um local de trabalho (por exemplo, no ponto menos favorecido deve reinar pelo menos 1/5 da iluminância média). A uniformidade de iluminância melhora notavelmente quando a borda superior da janela está situada a uma altura pelo menos igual à metade da profundidade do local.

De acordo com ROBBINS (1986), existem algumas regras simples relacionadas à proporcionalidade entre as aberturas e as dimensões do cômodo, na questão de iluminação natural. A mais comum determina que a luz natural penetre até 2 vezes e meia a altura do cômodo.

MASCARÓ (1991) recomenda para região tropical úmida, aberturas grandes de 40% a 80% da superfície das paredes que as contêm, porém protegidas da radiação solar e orientadas na direção do vento dominante. Já para região subtropical úmida propõe aberturas médias de 25% a 40% da superfície das paredes que as contêm, também protegidas da radiação solar e orientadas na direção do vento dominante.

Quanto à orientação, BRANDÃO (2004), afirma que no Estado de São Paulo, as aberturas nas fachadas leste ou oeste, quando inevitáveis, devem ser protegidas, a partir das 9 horas na fachada leste e a partir das 14 horas, na oeste; isto é válido para todo o ano.

### 3.1.3. LOCALIZAÇÃO

Segundo LAM (1986) a localização das aberturas em uma parede pode estar em três alturas distintas, a saber:

✦ Localização baixa- permite a visão, proporciona uma iluminação uniforme, devido à reflexão da luz solar no fundo do ambiente; obrigatoriamente a fonte de reflexão fica abaixo do nível de visão; maximiza o potencial ofuscamento em local perto da janela e no nível de trabalho e minimiza a área do cômodo afetada pelo ofuscamento potencial e pelo aquecimento provocado pela luz solar direta.

✦ Localização média- mais utilizada, por permitir a vista; o peitoril funciona como refletor, podendo gerar ofuscamento. O peitoril refletor pode ser amenizado por uma forma inclinada para fora, evitando o ofuscamento e permitindo a reflexão para o teto.

✦ Localização alta- maximiza o potencial de ofuscamento do céu e do sol, expondo a parte mais luminosa do céu; permite a maior eficiência de luz solar refletida de maneira confortável, pois as superfícies refletoras estão acima do nível da visão; leva a uma maior penetração de luz de fontes difusas (céu coberto e vidros translúcidos) para o plano horizontal de trabalho e menos luz perto da janela.

De acordo com MINGRONE (1984), "a intensidade de iluminação natural em um determinado edifício aumenta à medida que aumenta a altura da parte superior da janela". Uma janela larga e baixa oferece uma penetração da luz natural muito pobre, enquanto que uma janela muito alta permite uma penetração de luz sob uma forma mais profunda.

GIVONI (1981) ressalta que a localização das aberturas influi também no tocante à ventilação, pois em alguns casos pode-se obter melhores resultados quando o vento é oblíquo às aberturas de entrada, particularmente quando é necessária ventilação em todo o cômodo. Quando o vento é oblíquo, a aproximadamente 45% com a abertura de entrada, o volume de ar faz um movimento circular e turbulento no ambiente, aumentando o fluxo de ar ao longo das paredes e nos cantos. Para criar este efeito, o ângulo entre a parede e a direção do vento incidente pode variar de 20° a 70°. (Tabela 3-1).

**Tabela 3-1- Efeito da dimensão da abertura com a velocidade do vento (% de velocidade externa do vento) (GIVONI ,1981 p.291)**

<b><i>Direção do vento</i></b>	<b><i>Largura da Janela</i></b>		
	<i>1/3</i>	<i>2/3</i>	<i>3/3</i>
<i>Perpendicular à janela.</i>	13	13	16
<i>Oblíqua à parede frontal</i>	12	15	23
<i>Oblíqua à parede posterior</i>	14	17	17



## **4 . CAPÍTULO**

### **4. A ESCOLA.**

Nesta dissertação o foco está nas aberturas laterais (janela) no ambiente sala de aula, porém a sala não existe isolada no ambiente escolar e deve se inter-relacionar com as demais funções de uma escola. Estas relações vão depender da metodologia pedagógica adotada. Nesse capítulo aborda-se o contexto das relações entre o ambiente e o usuário de forma geral no ambiente escolar.

#### **4.1. A TEORIA ARQUITETÔNICA - O COMPORTAMENTO HUMANO E O AMBIENTE CONSTRUÍDO**

A teoria arquitetônica trata da relação ambiente físico/comportamento humano, principalmente através de recomendações

projetuais. Textos clássicos e trabalhos em ecologia humana relacionam elementos arquitetônicos com a escala e proporções do ambiente físico. Configurações espaciais específicas como nichos, caminhos, acessos, distribuição de luz no ambiente através da relação entre as aberturas e o espaço físico, intensidade das cores, texturas e seus respectivos efeitos sobre o usuário e também a simbologia de cada elemento presente na obra são discutidas para uma humanização da arquitetura (KOWALTOWSKI [2], 1980).

Em 1959 Rasmussen dizia em sua obra "Arquitetura Vivenciada" (RASMUSSEN, 1998), que a arquitetura deve ser facilmente compreensível para as pessoas, tendo em vista que ela está relacionada com a vida cotidiana do homem. O arquiteto deve buscar formas e elementos que estimulem a relação homem/ambiente. O espaço projetado pode trazer a sensação de conforto ou segurança, ou imprimir uma característica de ambiente social e coletivo ou então de ambiente individual e íntimo. Através da vivência com os diversos espaços construídos o homem vai somando as suas experiências individuais e aprende a conviver com o que a arquitetura lhe oferece. Segundo o autor, o arquiteto dispõe de diversos elementos para criar o ambiente apropriado, através da integração de elementos naturais e do emprego de elementos artificiais aplicados com a habilidade da própria vivência do projetista. Rasmussen (1998) diz ainda que "para sentir a arquitetura, é preciso estar consciente de todos estes elementos".

Alexander (1977) se debruça sobre a humanização do espaço construído e apresenta situações que representam a preocupação com as proporções da edificação e sua configuração espacial em relação ao bem estar do usuário. A mesma preocupação recai sobre a iluminação no interior de um ambiente e um alerta ao excesso de iluminação artificial nas edificações

modernas. O autor afirma que a necessidade de luz natural é imprescindível para a manutenção das energias indispensáveis ao corpo humano e para o bem estar psicológico das pessoas.

A história da arquitetura e a sua teoria mostram exemplos que promovem a integração do homem com o meio envolvente e fornecem soluções funcionais, estéticas e conceituais que incorporam conhecimento sobre as necessidades mais profundas do homem, sua condição social e relação com o entorno físico.

Na atualidade vislumbra-se, na teoria da arquitetura, fundamentos mais abrangentes. De modo a alcançar essa abrangência, os sociólogos e psicólogos são vistos como profissionais que devem contribuir no sentido de orientar os arquitetos em seus trabalhos. O olhar destes profissionais, cada um em sua especificidade, deve abrir o leque das preocupações dos arquitetos, inserindo opiniões diversas para orientar o projeto. Exige-se, assim, por parte do arquiteto, maior humildade na concepção de espaços para outros, produzindo uma arquitetura humanizada. Os estudos do comportamento humano em relação ao ambiente construído estão principalmente retratados na literatura da psicologia ambiental.

*“O meio ambiente exerce uma influência direta no indivíduo, esteja este vivendo em comunidade ou mesmo em um ambiente isolado. A interação do homem com este meio causa efeitos diretos naquele e que irão nortear o seu modo de vida. A psicologia ambiental nasce, então, das relações do homem com o meio ambiente que o envolve. É este envoltório que irá determinar as associações físicas com o espaço, irá contextualizar o indivíduo na sociedade, irá qualificar o seu bem estar no ambiente. (BERNARDI, 2001)”*.

Sommer (1974) mostra a importância da ação desta consciência. Propõe em seus estudos o estímulo à interação com o ambiente desde a infância, como forma de apreciação cognitiva e afetiva com o local vivenciado; a utilização do espaço através de uma ética ambiental de uso; a aplicação de simulações no ambiente educacional motivando a maior participação e integração, estimulando a tomada de decisões e questionamentos acerca do ambiente social.

Bernardi (2001) defende que o ambiente físico e social é fértil em possibilidades de transformações, de estímulos, instruindo o homem a *ter* uma convivência de constantes trocas de informações, ações e reações, e que vai originar o comportamento social, pois tanto o homem exerce suas influências sobre o meio, como este irá exercer fortes influências sobre ele. A mesma autora descreve metodologias de observação e análise do ambiente físico relacionado ao comportamento humano, destacando três métodos: "*behavior setting*", mapeamento ambiental, mapas cognitivos.

A metodologia dos "*behavior setting*", também conhecidos por cenários comportamentais, classifica o ambiente em categorias de acordo com o tempo de ocupação dos usuários; com o envolvimento e o comprometimento dos ocupantes em relação ao ambiente; com os aspectos comportamentais através da frequência, duração e intensidade de ações no local e com a variedade de comportamentos possíveis neste cenário (BARKER et al. , 1964).

A metodologia do mapeamento ambiental entende as relações humanas com o ambiente através de observações das ações do homem no mesmo e de sua interação com os outros indivíduos. Neste caso, a pesquisa ambiental necessita de um mapeamento do ambiente físico e da maneira

como este vai interferir e/ou estimular o comportamento do usuário. Geralmente este método adota a exploração de recursos gráficos e audiovisuais. São usadas fotografias do local durante a ocupação, gravações em vídeo, diagramas dos eixos de circulação mais utilizados, simulação de situações novas para o cotidiano do usuário, além de sugestões quanto à configuração arquitetônica para melhores resultados futuros. As entrevistas com vários usuários também têm sua contribuição, já que deve ocorrer a troca de informações entre o pesquisador, o usuário, o projetista original, os responsáveis pelo local, enfim, as pessoas envolvidas com a situação.

Em relação aos mapas cognitivos, pode-se citar Sanoff (1991), que propõe para a pesquisa sobre o ambiente construído a extração de informações através das interpretações cognitivas do indivíduo acerca do ambiente. A importância dos mapas cognitivos é que eles mostram o processo de transformação psicológica do indivíduo na assimilação e decodificação do ambiente, determinando a ação individual no espaço ambiental utilizado.

A intenção de aliar a psicologia à arquitetura deve propiciar a transformação do ambiente habitável em um local adequado às necessidades de conforto e vivência do homem. Por isso a interação do ambiente com o indivíduo torna-se tão importante, tanto em seus aspectos construtivos, quanto na percepção destes aspectos.

O estudo da psicologia ambiental entende que o ambiente físico exerce uma série de influências no homem que serão exteriorizadas através do comportamento, das emoções, das percepções e do julgamento que o indivíduo faz acerca do espaço que o envolve. Estes julgamentos aparecem sob a forma de ações que o próprio indivíduo realiza ou da forma como ele se

apropriada do espaço, demonstrando a sua satisfação, familiaridade, repulsa ou isolamento em relação ao ambiente.

O conjunto dos sentidos (visão, olfato, sensação tátil e audição) permite a percepção do espaço físico. Através do processo cognitivo, as informações colhidas durante a percepção já começam a ser processadas e armazenadas e a memória recupera outras informações e influências anteriores como cultura e aspectos familiares, para que novas conexões sejam feitas. Neste momento, sensações como satisfação, conforto e aceitação são apropriadas pelo indivíduo.

O estágio comportamental vem como resposta a tudo o que foi "colhido" até este momento. A partir da estrutura cognitiva, o indivíduo toma uma série de ações de controle para converter o esquema existente num esquema ideal (LEE,1977).

O espaço físico é um elemento vital para que o indivíduo possa realizar as suas tarefas cotidianas. A demarcação deste espaço mostra as atitudes e características de ocupação, que podem ter um sentido de posse, personalização, defesa ou exclusão de uso.

Bernardi (2001) apresenta conceitos de grande importância em estudos relacionados com o comportamento humano no ambiente construído (privacidade, espaço pessoal, territorialidade e densidade). Eles fornecem os subsídios para verificar a eficiência destes espaços nos aspectos sociais, pessoais, de trabalho, produtividade e também no ambiente de aprendizado, a escola. Através destes conceitos, a autora afirma que podemos estudar como a arquitetura está influenciando e satisfazendo, a vivência de cada usuário, assim fornecendo subsídios para futuros projetos, ou a introdução de melhorias nas edificações existentes.

## **4.2. COMPORTAMENTO NO AMBIENTE ESCOLAR E O CONFORTO AMBIENTAL**

O ambiente escolar, especificamente o interior da sala de aula, agrega características físicas, arquitetônicas, organizacionais e aspectos particulares dos professores e alunos que, interrelacionados, afetam o clima social do ambiente (MOSS, 1979).

A configuração do espaço da sala de aula adquire um papel fundamental na formação do indivíduo, principalmente no que diz respeito à ordem e imposições da sociedade e modo de vida. A disposição espacial atual da maioria das escolas, no Brasil, ainda segue os padrões das carteiras enfileiradas, a posição do professor diante do quadro negro e também as normas para as construções dos edifícios escolares.

Um tipo de interferência no espaço escolar é o ato de vandalismo, que necessita estudos para o seu controle. Existe a hipótese de que o comportamento do usuário vândalo é uma reação atribuída a ambientes em que a ausência de elementos humanizadores é predominante (KOWALTOWSKI, 1980). Ambientes dominados pela iluminação artificial, vidros opacos impedindo a visão do exterior, presença de grades de proteção, monotonia de formas, cores e mobiliário, falta de manutenção, excesso de ordem, rigidez na funcionalidade, falta de personalização e impossibilidade de manipulação pelo usuário são descritos como desumanos e, portanto, menos satisfatórios ou menos apreciados.

Kowaltowski (1980) demonstra em seu trabalho que ambientes providos de elementos da humanização (escala pequena, paisagismo, elementos decorativos e características vindas da arquitetura residencial) têm um nível de satisfação mais alto e propiciam assim um ambiente psicológico mais favorável ao comportamento social adequado.

Sommer (1974) descreve o grau de participação dos usuários no ambiente escolar com o espaço interno, muitas vezes decorrente da organização e estrutura funcional da escola. Existe a necessidade de "humanizar" o espaço interno, atribuindo características pessoais a ele, adequando a proporção com a escala humana, permitindo a manipulação do mobiliário pelos usuários, enfatizando a necessidade de paisagismo, harmonia entre os elementos construtivos e as cores e materiais.

#### **4.3. CONFORTO AMBIENTAL E A EDIFICAÇÃO ESCOLAR**

Os edifícios escolares têm despertado o interesse dos pesquisadores brasileiros, principalmente quanto ao conforto ambiental (térmico, luminoso, acústico e funcional). Vários são os trabalhos desenvolvidos nessa tipologia de edifícios, devendo-se citar aqueles realizados por: Alves *et al* (1993), Ornstein (1995), Camargo e Kowaltowski (1997); Bertoli *et al* (1999), Nery *et al* (1999), Geyer *et al* (2000), Barros *et al* (2000), Graça e Kowaltowski (2001), entre outros.

É importante destacar o projeto de pesquisa "Melhoria de conforto ambiental em edifícios escolares estaduais de Campinas" desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. O projeto teve como objetivo a avaliação do conforto



ambiental, através da aplicação de questionários, medições e observações técnicas em 15 edifícios escolares da rede estadual de ensino (Kowaltowski et al, 1997)

Os resultados desta pesquisa revelam que as escolas analisadas têm baixos níveis de qualidade e de conforto. Foram observadas condições de desconforto acústico e térmico, deficiência de ventilação e iluminação natural. O detalhamento desse estudo pode ser encontrado em: Bertoli (2001), Labaki e Bueno-Barttholomei (2001), Bernardi e Kowaltowski (2001), Kowaltowski e Pina (2001), e Kowaltowski *et al* (2002).

Em relação ao conforto visual (enfoque da presente pesquisa) foram feitas medições dos níveis de iluminação e avaliação pelos usuários. Verificou-se que:

- ✦ na maioria das salas pesquisadas há distribuição não uniforme da iluminação.
- ✦ níveis de iluminação fora das recomendações (o mínimo exigido é de 500 lux segundo resolução SS-493,1994).
- ✦ a maioria das avaliações feitas através de questionários mostra incoerência quando comparadas com os índices de iluminação recomendados.
- ✦ manutenção precária das lâmpadas.
- ✦ utilização padronizada de número de lâmpadas independente do tamanho da sala.
- ✦ ofuscamento no plano de trabalho e na lousa.

Na avaliação realizada em 27 escolas da Grande São Paulo (ORNSTEIN e BORELLI 1996) foram analisados, entre outros, itens básicos relativos ao conforto ambiental considerando quatro setores do edifício:

- ✦ pedagógico: ambientes destinados a aulas práticas e comuns;
- ✦ administrativo: salas do diretor, assistente, secretaria, almoxarifado, dos professores e do coordenador/orientador;
- ✦ vivência: galpão, local de merenda, cozinha, despensa, centro cívico, assistência escolar, cantina, depósito, local de educação física e vestiário de alunos;
- ✦ serviços gerais: sanitários da administração, dos alunos e vestiários de funcionários, depósito de material de limpeza e zeladoria.

As avaliações não incluíram medições técnicas e a base dos dados foram questionários e observações.

No conforto luminoso (foram considerados os setores pedagógico, de vivência e administrativo) foi verificado que:

- ✦ a iluminação natural foi considerada insatisfatória em mais de 30% dos casos no setor pedagógico, em mais de 40% dos casos no setor administrativo e em mais de 20% no setor de vivência.
- ✦ o ofuscamento no plano de trabalho foi verificado em mais de 30% de casos nos setores pedagógico e administrativo.
- ✦ a incidência direta da radiação foi verificada em mais de 60% dos casos nos setores pedagógico e de serviços.

Graça (2002) conclui, com base em Kowaltowski et al (2001) e Ornstein e Borelli (1996), a partir destas duas avaliações pós-ocupação que muitos problemas poderiam ser evitados se parâmetros mais rigorosos, cujas decisões são realizadas na fase de anteprojeto, como é o caso da implantação do edifício, fossem considerados. Como exemplo tem-se: os problemas de orientação das salas de aula, em sua maioria voltadas a leste ou oeste, o que

pode causar além do desconforto térmico o ofuscamento no plano de trabalho e na lousa; problemas de localização do pátio, o que pode causar a insatisfação do usuário.

A arquitetura tem um caráter fundamental para o bem estar do homem: criar espaços, tanto interiores como exteriores, ajustados a normas de habitabilidade física, química e de segurança, determinadas pelas necessidades dos indivíduos que os ocupam (RIVERO, 1986).

#### **4.4. A ARQUITETURA ESCOLAR**

A evolução da arquitetura escolar está intimamente relacionada com a história da humanidade e a importância dada à educação nas várias fases do desenvolvimento sócio-econômico dos povos.

A edificação escolar apresenta uma evolução arquitetônica específica. O desenvolvimento de métodos de ensino e a importância dada em cada época histórica à educação influenciam a configuração do espaço educacional.

As épocas de informalidade na educação não resistem à proliferação da indústria e da nova ordem capitalista no Séc. XIX. Surge, no ocidente, a exigência de um novo tipo de trabalhador e então a necessidade de educar para o trabalho. A organização espacial da escola vai apresentar configurações que mostram a importância dada à ordenação, antes mesmo do aparecimento da indústria.

A ordenação por fileiras, existente no Séc. XVIII, é mencionada por Foucault (1987) apud Bernardi (2001), definindo o espaço serial, organizando as

celas, os lugares, os espaços de circulação, imprimindo os valores de obediência, transformando a escola em um espaço de vigiar, de hierarquizar funções, possibilitando o controle simultâneo ao trabalho. A ordenação espacial transformava a sala de aula em pequenos observatórios e a disciplina proporcionava um controle sobre os alunos

Enguita (1989) mostra-nos o cenário desta situação através de um guia publicado pela Sociedade para a Melhoria da Instrução Elementar na França, em 1817, onde fica explícita a rigidez das obrigações, mas também começa a surgir uma preocupação com o espaço do ensino para que a normas sejam corretamente seguidas: "... permanece o professor suficientemente silencioso, fazendo se obedecer mediante gestos? Está em ordem o mobiliário? São suficientes a ventilação e a iluminação? Têm bastante espaço os alunos? É correta a atitude dos alunos? Estão satisfeitos os alunos? Estão bem visíveis os rótulos das punições e são utilizados? Exerce corretamente o professor uma vigilância permanente sobre os conjuntos dos alunos?".

A obsessão pela ordem, pela pontualidade, pela organização do tempo imposto pela indústria, faz a escola no Séc. XX surgir como disciplinadora da ordem social.

No Estado de São Paulo a história da arquitetura escolar pode ser dividida em seis períodos (BARROS, 2002):

- ✦ na Primeira República,
- ✦ na administração de Armando Salles de Oliveira,
- ✦ pelo Convênio Escolar,
- ✦ pelo Fundo Estadual de Construções Escolares (FECE),
- ✦ sob coordenação da Companhia de Construções Escolares de São Paulo (CONESP)

1 pela Fundação para o Desenvolvimento Educacional (FDE).

Durante a 1ª República os edifícios escolares situavam-se na maioria em áreas contíguas a praças, como referência à expressão do poder e da ordem política em curso. No final do Séc. XIX e início do Séc. XX a arquitetura escolar esteve voltada para atender as aspirações das classes sociais mais abastadas. A prosperidade cafeeira do Estado de São Paulo e a industrialização crescente colocavam importância na educação. Os fundamentos republicanos tornaram a instrução primária obrigatória, universal e gratuita (CORRÊA et al., 1991). A história da arquitetura escolar paulista está refletida nos mais de 170 edifícios que foram construídos entre 1890 e 1920, caracterizados por prédios escolares de arquitetura monumental (pé direito alto, grandes janelas, elevação do nível da edificação em relação à rua com imensas escadarias) e, em sua grande maioria, projetados por arquitetos de renome internacional, principalmente os de formação europeia (Victor Dugubras, Manuel Sabater, Carlos Rosencrantz, Artur Castagnoli, entre outros). O programa arquitetônico era basicamente composto por salas de aula e um reduzido número de ambientes administrativos. Destacava-se a simetria da planta com uma rígida separação entre as alas femininas e masculinas e toda a concepção do espaço era condicionada pelo Código Sanitário de 1894 (FDE[1], 1998) .

Nas escolas construídas entre os anos de 1934-1937, administração de Armando Salles de Oliveira, foi implementada a definição de critérios de projetos, tais como o dimensionamento das salas de aula, os materiais de acabamentos, as cores, o dimensionamento e posicionamento das janelas e a insolação (KOWALTOWSKI et al., 2001). Com o advento do Estado Novo, houve interrupção desse trabalho, que foi retomado no Convênio Escolar.

Os projetos de escola produzidos pelo Convênio Escolar, de 1949 a 1954, possuem uma conceituação moderna, mais fundamental. Em relação à orientação das salas de aula, era recomendado o posicionamento de norte a nordeste. Neste período, foram criadas 68 escolas, porém tanto a necessidade de realizar as obras rapidamente, como a pressão dos custos fez com que esses prédios ao final apresentassem uma baixa qualidade (KOWALTOWSKI et al., 2001).

As escolas construídas pelo Fece (Fundo Estadual de Construções Escolares, 1960, governo Carvalho Pinto), possibilitaram a concepção de obras escolares notáveis. Fazia-se a arquitetura pela arquitetura. Vãos generosos, pátios amplos. No entanto, faltaram métodos projetuais para a integração de conceitos pedagógicos e a sua tradução em espaços físicos.

A composição modular começa a despontar na década de 70 do Século XX. A criação da CONESP (Companhia de Construções Escolares de São Paulo) teve um papel fundamental na racionalização construtiva da edificação escolar. É criado o módulo "embrião" (composto por 2 a 6 salas de aula, direção e administração, sanitários e quadra de esportes), espaço previsto para futuras ampliações, simplificação do padrão construtivo, possibilitando um atendimento mais rápido à constante demanda existente, seja em novas escolas, ampliações ou reformas (BARROS, 2002).

Posteriormente a FDE (Fundação para o Desenvolvimento de Educação), criada em 1987, assumiu a elaboração dos métodos de trabalho, acompanhando a construção das escolas e oferecendo suporte técnico e operacional ao planejamento da rede física e da unidade escolar.

O conceito de massa como valor absoluto abre espaço para o cultivo do individual, da valorização da identidade (SEGAWA, 1999).

Vislumbra-se hoje a escola onde o aluno possa demonstrar o seu conhecimento e as suas habilidades através de grande variedade de atividades. A criação e o desenvolvimento de projetos necessitam de espaços onde trabalhos de vários tipos podem ser montados e guardados para a sua finalização, apresentados e avaliados. Isto é, são necessários espaços de montagem, depósitos e de exposição, ambientes pouco valorizados nas escolas tradicionais (BRUBAKER, 1998).

A comunidade também deve ter maior acesso aos ambientes escolares (BRUBAKER, 1998). Este envolvimento leva à escola maior variedade de tipos de usuários, de modo que poderá haver um aproveitamento das instalações em horários que estendem a operação da instituição. Esta visão de inserção da escola na comunidade traz outras reflexões de planejamento e projeto, especialmente de administração, segurança e manutenção, bem como de definição de responsabilidades.

Para alcançar nas escolas essa qualidade ambiental, a literatura internacional valoriza o ato de planejar e projetar novas escolas, ou reformar instituições existentes. A bibliografia está repleta de descrições desse processo de criação, enfatizando a participação dos usuários, professores, alunos, funcionários, e comunidade. São delineados passos importantes deste processo na expectativa de incorporar a diversidade de opiniões e experiências dos participantes (BRUBAKER, 1998; DUDEK, 2000).

## 4.5. CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS.

As tipologias de usos dos edifícios escolares municipais de Campinas são divididas em grupos em função da faixa etária e, conseqüentemente, do período de permanência dos alunos na escola, conforme a seguinte classificação:

- ✦ **CEMEI** - Centro Municipal de Educação Infantil: crianças de 3 meses a 4 anos, em período integral (normalmente das 7 às 18h);
- ✦ **EMEI** - Escola Municipal de Educação Infantil: crianças de 4 a 6 anos, em período parcial (normalmente das 7 às 12h e das 12 às 17h);
- ✦ **CEMEI/EMEI** - crianças de 3 meses a 6 anos. As crianças menores de 4 anos permanecem em período integral e as de 4 a 6 anos em período parcial;
- ✦ **EMEF** - Escola Municipal de Ensino Fundamental: crianças de 7 a 14 anos, divididas em três períodos: matutino (das 7 às 11h), intermediário (das 11 às 15h) e vespertino (das 15 às 19h).

Algumas escolas municipais de ensino fundamental (EMEF) possuem também classes de ensino supletivo e/ou alfabetização de adultos (Fundação Municipal para Educação Comunitária - FUMEC) onde os alunos permanecem duas horas e meia no período noturno, caracterizando, assim, uma quinta tipologia, denominada, neste trabalho, de **EMEF/SUPLETIVO**.



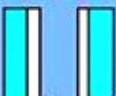

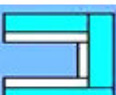
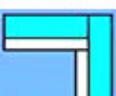
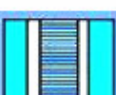



### 4.5.1. FORMA DO EDIFÍCIO-SALA DE AULA/CIRCULAÇÃO.

A afirmação de que a forma do edifício influencia os parâmetros de conforto ambiental nos seus vários aspectos (no conforto térmico; no conforto acústico; no conforto funcional e no conforto luminoso) vem de encontro com



autores como KOWALTOWSKI et al (2001) e Graça (2002). Considerou-se desta forma a análise de tipologias como fator determinante na seleção das escolas a serem estudadas nesta pesquisa.

“A forma de uma edificação escolar está estreitamente relacionada à concepção funcional da relação entre sala de aula e espaço de circulação” (Graça, 2002); a autora distingue em sua pesquisa sete modelos para avaliação de projetos, conforme o Quadro 4.1.

	Tipologia 1- Sala de aula formando um conjunto único em apenas um dos lados do corredor.		
	Tipologia 2- Sala de aula formando um conjunto único nos dois lados do corredor.		
	Tipologia 3- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área descoberta.		
	Tipologia 4- Sala de aula formando um conjunto duplo em “L” espaçadas por área descoberta.		
	Tipologia 5- Sala de aula formando um conjunto único em formato “U” espaçadas por área descoberta.		
	Tipologia 6- Sala de aula formando um conjunto único em formato “L” espaçadas por área descoberta.		
	Tipologia 7- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área coberta		
Legenda	 Espaço coberto	 Corredor	 Sala de aula

Quadro 4-1 - Tipologias de prédios escolares. (Fonte:GRAÇA,2002)

## 4.5.2. SIMULAÇÕES.

Graça (2002) relata que nos últimos anos a complexidade do projeto e da avaliação da qualidade ambiental das construções de grande porte tem aumentado por diversas razões:

- ✦ avanço rápido da tecnologia;
- ✦ mudança de percepção e de demanda dos proprietários de edificações;
- ✦ aumento da importância do prédio como um facilitador da produtividade,
- ✦ aumento da troca de informações e do controle humano;
- ✦ necessidade de criação de ambientes sustentáveis considerando-se temas tais como: eficiência energética, construção passiva e projeto ecológico.

Esta complexidade fez com que o uso computacional para a avaliação do desempenho dos prédios fosse incorporado ao processo, como ferramenta de suporte ao projeto, verificando-se, na fase de avaliação, o crescente surgimento de ferramentas de simulação. Tais ferramentas permitem aos projetistas avaliarem o impacto do projeto em diferentes campos tais como: desempenho energético e sistemas de refrigeração, ventilação e qualidade do ar interno, iluminação natural e artificial, desempenho acústico, entre outros (WONG et al, 2000).

# 5. CAPÍTULO

## 5. METODOLOGIA

O foco do projeto está em edificações escolares da rede pública municipal de Campinas, com aquisição de dados climáticos e levantamento dos materiais de vedação (sistemas de aberturas e painéis opacos). Com base nesses dados, avaliar a eficiência energética das edificações escolares visando à melhoria do conforto ambiental e da eficiência energética, oferecer subsídios ao desenvolvimento do selo de eficiência energética para materiais construtivos, em particular os sistemas de aberturas em edificações escolares.

Esta pesquisa está inserida dentro do Projeto FINEP CT-ENERG - INDICADORES DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO AMBIENTAL EM ESCOLAS DA REDE PÚBLICA, onde se propõe o aprofundamento no estudo do conforto ambiental, tema já trabalhado anteriormente pela equipe do projeto, abrangendo habitações populares e ambientes escolares na região de Campinas. Esta pesquisa tem sua contribuição na Meta Física descrita na

Tabela 5-1, correspondendo ao estudo da tipologia e de índices de eficiência energética

**Tabela 5-1 - META FÍSICA: Estudo da tipologia e de índices de eficiência energética**

<b>Estudo da tipologia e de índices de eficiência energética</b>	
<b>Atividades</b>	<b>Indicador Físico de Execução</b>
Revisão Bibliográfica	Parâmetros de avaliação de padrão de consumo
Contato com as escolas municipais de Campinas	Listagem das escolas que irão participar do programa
Levantamento de dados das escolas.	Listagem completa de usuários áreas e padrão de consumo de cada escola.
Levantamento de padrão de consumo energético das escolas selecionadas.	Padrão de consumo tabelado.
Desenvolvimento de índice de eficiência energética.	Índices de eficiência energética tabelados.
Subsídios ao desenvolvimento de selo de eficiência energética para ambientes escolares.	Subsídios e diretrizes para selo de eficiência energética.

A partir da meta definida elaborou-se a Tabela 5-2, de necessidades de levantamentos que se incluem nesta pesquisa, Assim, foram determinados os limites de sua contribuição no escopo do projeto final que tem como objetivo geral:

*Desenvolver indicadores de eficiência energética e conforto ambiental em ambientes escolares da rede pública do município de Campinas - SP. Aquisição e tratamento de dados climáticos e de materiais de vedação (sistemas de aberturas e painéis opacos). Com base nesses bancos de dados, avaliar a eficiência energética das edificações escolares e o desempenho da envoltória em simulações com softwares. Elaboração de recomendações de projeto para edificações escolares visando melhoria do conforto ambiental e da eficiência energética. Oferecer subsídios ao desenvolvimento de selo*

*de eficiência energética para materiais construtivos, sistemas de aberturas e edificações escolares.”( Projeto FINEP CT-ENERG )*

**Tabela 5-2 - Contexto de inserção da pesquisa.**

<b>Etapas</b>	<b>Levantamento - FINEP CT-ENERG -</b>	<b>Nesta pesquisa</b>
Seleção das escolas	Levantamento das escolas - 42escolas	15 escolas selecionadas.
	Padrão de consumo	Consumo energético nos últimos três anos
Objetivo	Analisar as tipologias adotadas nas construções escolares municipais, em Campinas SP.	Realizar planilhas de levantamento de dados Levantamento de campo
Coleta dos dados	Análise do uso da iluminação artificial.	Conscientização de uso
	Análise das aberturas.	Tipologia e Uso
Avaliação das aberturas.	A eficiência do uso da iluminação natural	<p>☛ O uso da iluminação artificial de forma consciente combinado a iluminação natural. Confrontar o uso da tipologia ao consumo energético.</p> <p>☛ Consumo energético de acordo com a orientação das aberturas</p> <p>☛ A eficiência quanto a iluminação natural das aberturas. (as aberturas devem suprir 70% da necessidade de luz dentro do ambiente)</p>

## **5.1. O ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO**

Sendo a “Metodologia de Avaliação Pós Ocupação no Ambiente Construído” uma metodologia aplicável a esta pesquisa, utilizou-se medições técnicas e métodos de pesquisa em campo. Foram estabelecidas as seguintes etapas:

- ✦ Levantamento das escolas.
- ✦ Seleção da amostra
- ✦ Adaptação de planilhas(
- ✦ Seleção das salas de aulas, de acordo com a orientação solar das aberturas.
- ✦ Entrevistas com Diretores e Professores Usuários das salas em análise
- ✦ Medições.
- ✦ Simulações para a distribuição em Curvas. (Isolinhas)

Na primeira fase, foram selecionadas as escolas da rede municipal a serem analisadas com medições de iluminação natural proporcionada pelas aberturas utilizadas em salas de aulas. Em seguida, foram realizadas as medições nas escolas selecionadas, que apresentaram mesma tipologia de abertura em salas de aulas com diferentes orientações.

O desempenho foi avaliado seguindo-se dois critérios:

- ✦ a quantidade de luz ;
- ✦ os critérios de Uniformidade e Diversidade.

Comparados os desempenhos obtidos por fatores mensurados em medições de campo; simulações computacionais e observações realizadas in loco, observam-se os produtos como descritos na Tabela 5-3.

**Tabela 5-3 - Métodos; Variáveis; Materiais e Resultados**

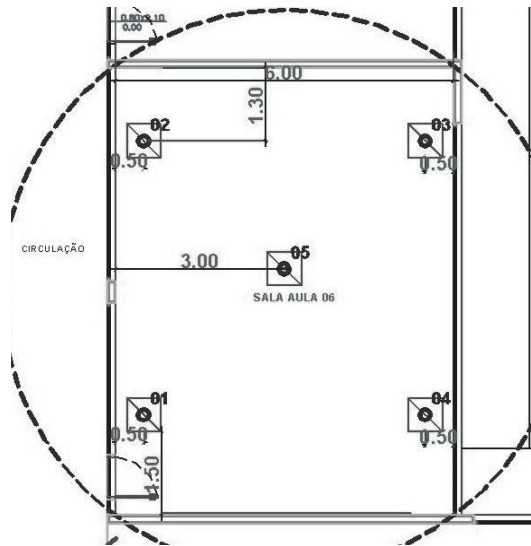
MÉTODO	VARIÁVEIS:	MATERIAIS DE AQUISIÇÃO:	RESULTADOS (produtos)
Medições.	quantidades de luz;	luxímetro	Iluminâncias horizontais (lux) no plano de trabalho.
	orientação da fachada	bússola	Coordenadas geográficas.
Observações	tipologia das aberturas;	Conforme o quadro de Tipologia de janelas. ( BECKETT & GODFREY, 1974)	Denominação da tipologia.
	tipo de céu;	Observação de céu.	Céu claro / Céu encoberto / Céu parcialmente nublado
	Cores; Lay - out.	Planilhas de anotações técnicas.(observação de uso)	características de cada uma das situações analisadas.
	iluminação artificial	Observação de uso	Ligado ou Desligado.
Document. fotográfica	do interior da sala	Maquina digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>análises mais eficientes da qualidade e variabilidade do ambiente</li> <li>efeitos de contrastes de iluminância e cor, direcionalidade da luz, efeitos de sombra, distribuição da luz difusa e direcionada, incidência de luz solar direta</li> </ul>
	do exterior da sala	*Fotos coloridas são as mais indicadas, pois fornecem informações relativas à mudança de tonalidades do ambiente: um parâmetro a mais para a avaliação.	
Simulação	profundidade que a luz natural atinge no ambiente;	Computacional - RELUX2005 dados para a cidade de Campinas -22° 50 ' de latitude e 47°05' de longitude.	Isolinhas / Isolux Distribuição das isolinhas de acordo com a combinação: orientação da fachada e altura da abertura.

As medidas foram realizadas com os equipamentos mencionados na Tabela 5:4.

**Tabela 5-4: Equipamentos .**

Equipamentos utilizados nas medições	
Luxímetro Digital - ILUMINANCE METER T-10. MINOLTA.	Medir a iluminância horizontal na altura do plano de trabalho de 0,70m.
Maquina fotográfica	Registrar e armazenar os dados de medição

As primeiras medições foram realizadas em (5) cinco pontos internos, conforme demonstrado na Figura 5-1.



**Figura 5-1 : distribuição dos pontos dos Luxímetro.**

Após as primeiras medições, o número de pontos foi aumentado para atender a NBR5413 (ABNT), passando-se a nove pontos.

Esse número foi definido de acordo com a fórmula (1) já demonstrada na revisão bibliográfica no item 2.5:

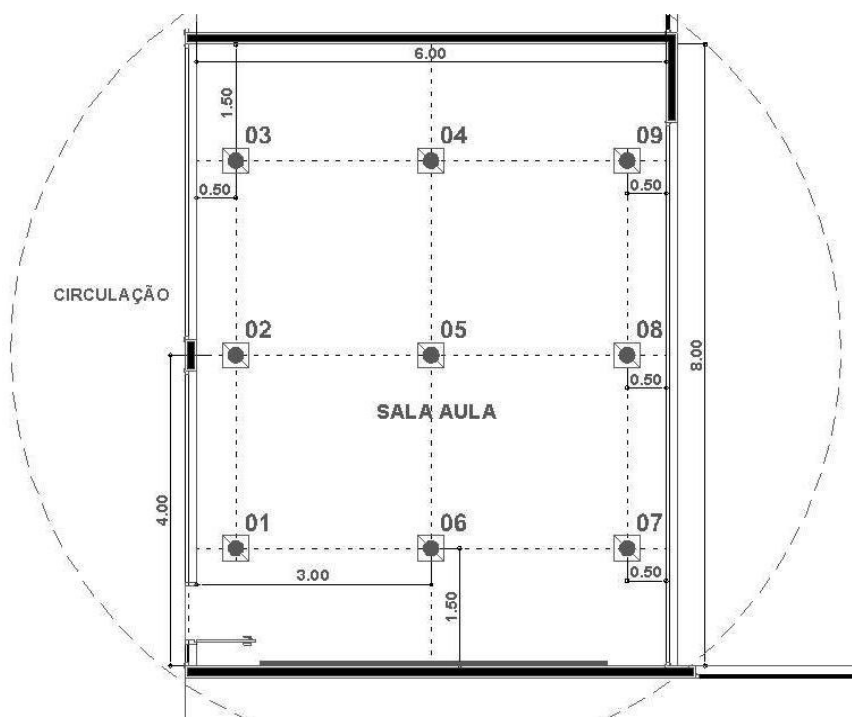
$$K = \frac{C.L}{H_m.(C + L)} \quad (1)$$

Utilizando-se as dimensões das salas de aulas estudadas, obteve-se:

$$K = \frac{8,0 \times 6,0}{3,3(8,0 + 6,0)} = 1,03$$

As medições foram realizadas de acordo com a seqüência de pontos apresentada na Figura 5-2.





**Figura 5-2- Planta das salas de aula - PONTOS DE MEDIÇÃO**

A fim de se obter dados das iluminâncias horizontais na altura do plano de trabalho (0,70m do piso salas de aula) do ambiente em (9) nove pontos internos, o primeiro está localizado a 0,50 m da abertura; o último ponto está localizado a 0,50 m da parede oposta à abertura, e os outros dois equidistantes destes, conforme Figura 5-2.

Para reduzir a interferência do observador nos resultados, este se mantinha a uma distância de 1,5 m do luxímetro e em direção oposta ao fluxo luminoso, pois foi observado que nestas condições a interferência nos resultados era a menor possível. As medições foram realizadas em duas condições com luz acesa e com luz natural apenas, de modo a obterem-se as reais diferenças de iluminâncias durante o período mais significativo de uso das salas de aula, das 9 às 17h .

## **5.2. SELEÇÃO DA AMOSTRA**

### **5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS.**

No presente trabalho somente são estudadas as tipologias da classificação **EMEF**, devido:

- ✦ à faixa etária dos alunos;
- ✦ à presença de salas com computadores;
- ✦ ao maior número de usuários que interagem no padrão de consumo energético da edificação.

### **5.2.2. FORMA DO EDIFÍCIO - TIPOLOGIA DE PRÉDIOS DE ENSINO DA REDE PÚBLICA.**

O critério principal na seleção das duas escolas, entre aquelas que vão ser reformadas, foi o de abranger o maior número de tipologias de sala de aula em relação às aberturas. As escolas foram classificadas de acordo com o Quadro 4.1 (mencionado no cap. 04)

## **5.3. SIMULAÇÕES.**

Para que exista uma padronização no ambiente analisado as simulações foram realizadas para uma sala padrão MÉDIA entre as 4 tipologias de salas encontradas nas escolas onde se realizaram as medições de campo.

Visando-se obter as curvas de distribuição luminosa através das aberturas de salas de aula para a latitude específica da cidade de Campinas, adotou-se então os seguintes parâmetros, dados conforme a Tabela 5-5, variando-se as posições das aberturas de acordo com as localizações das mesmas no ambiente em questão.

**Tabela 5-5 - Parâmetros para Simulação**

Tamanho da sala	8X6 m
Paredes e teto	75% de refletância
Piso	35% de refletância
Aberturas	AS ADOTADAS NOS 4 TIPOS DE SALA EM ESTUDO
Coordenada da Fachada	Norte, Sul, Leste e Oeste.

No levantamento inicial, as aberturas foram observadas em anotações de projeto (com descrição das mesmas, suas dimensões e posição, conforme Quadro 5-1) e posteriormente verificadas *in loco*.

SALAS DE AULA			JANELA						% da ABERTURA em relação a Parede	
nº	Parede que contém as ABERTURAS	LARGURA DA SALA	nº	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	Pé Direito	área da JANELA		localização
EMEF Raul Pilla										
2	8,00	6,00	1	7,00	1,60	0,85	4,00	11,20	EXTERNO	52,50
			1	7,00	0,80	3,20		5,60	EXTERNO	
			2	3,80	0,80	3,20		3,04	CORREDOR	
1	7,70	6,00	1	6,75	2,00	0,80	3,00	13,50	EXTERNO	58,50
			2	3,70	0,70	2,30		2,59	EXTERNO	22,50
1	10,00	8,00	2	4,00	0,90	2,10	3,00	3,6	EXTERNO	24,00
			2	4,00	0,90	2,10	3,00	3,6	EXTERNO	24,00
EMEF Lourenço Bellocchio										
4	8,00	6,40	1	7,10	1,80	1,00	3,20	12,78	EXTERNO	53,25
			4	1,75	0,70	2,25		1,23	CORREDOR	20,00

**Quadro 5-1- DIMENSÕES DE SALAS DE AULA- levantadas em projeto.**

Foram utilizados os dados de refletância de cores de tintas dos fabricantes nacionais citados em CASTRO (2002) e a partir dos dados da Tabela

5-6 selecionou-se os índices próximos “aos das cores padronizadas na rede municipal de ensino de Campinas”.

**Tabela 5-6 - Refletâncias no visível e total ( Fonte : CASTRO,2002).**

COR	Refletância no Visível (%)	COR	Refletância Total (%)
<b>Branco</b>	<b>88</b>	Branco	75
Marfim	71	Marfim	73
Palha	70	Vanilla	71
Gelo	69	Azul Bali	66
<b>Vanilla</b>	<b>68</b>	Palha	64
Pêssego	63	Pêssego	64
Areia	59	Mel	63
Mel	51	Flamingo	60
Flamingo	51	Gelo	59
Azul Bali	41	Vermelho Cardinal	59
Alecrim	36	Areia	55
Vermelho Cardinal	30	Telha	40
Telha	25	Azul Profundo	36
<b>Azul Profundo</b>	<b>19</b>	Alecrim	34
Preto	4	Preto	4

O plano de trabalho para as simulações foi localizado na horizontal, a 0,70 m do piso.

As simulações foram realizadas para os mesmos dias e horários das medições, a fim de se comprarem as reais condições de uso com as situações de projeto inicial.

### 5.3.1. CRITÉRIOS DE ANALISE

As salas foram analisadas em relação à iluminância. Para verificação qualitativa da iluminação foram analisados os valores de diversidade e uniformidade de iluminação.

Nas anotações da quantidade de luz, optou-se pela adoção de duas referências sobre os níveis de iluminância necessários: a primeira tabela de valores correspondentes à Norma NBR 5413, em sua Tabela 2:11:Níveis de iluminação artificial prescritos pelo IES e pela NBR 5413 (NBR5413 (ABNT,1991)); a segunda foi adotada devido à necessidade de valores mais específicos. Para isso levou-se em consideração os valores mínimos da tabela 2:2 Níveis de iluminação recomendados para ambientes escolares, de acordo com Silva (1977). Assim adotou-se para análise dos dados os valores indicados na Tabela 5-7 :

**Tabela 5-7 -Cores correspondentes para análise.**

<b>Nível de iluminância (lux)</b>	<b>Condições de uso para sala de aula</b>	<b>CORES</b>
Abaixo de 150	Insuficiente	
150- 200	mínimo	
200 - 300	Condição satisfatória	
400 – 500 - 750	Condição de uso ideal	
750 – 1000	Excesso de iluminância	
Acima de 1000	*** ofuscamento	

## 6. CAPITULO

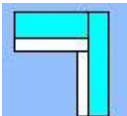
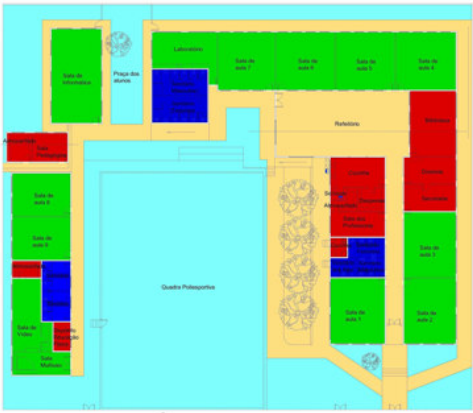
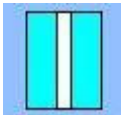
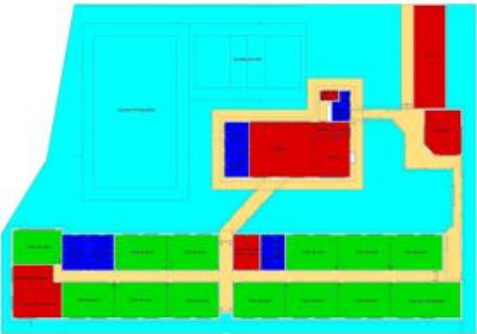
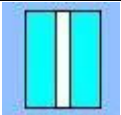
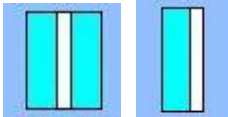
### 6. PESQUISA DE CAMPO.

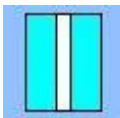
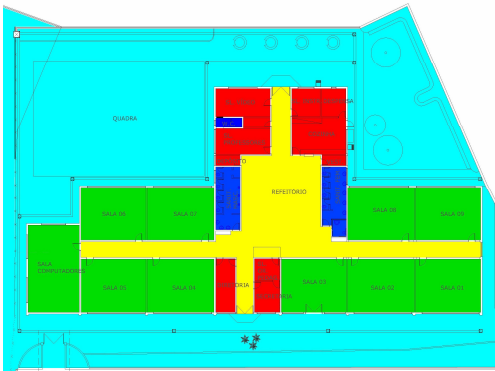
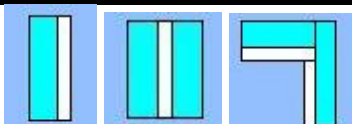
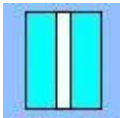
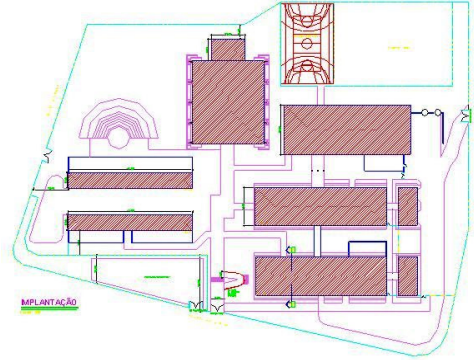
O levantamento da pesquisa iniciou-se contatando-se o Departamento de Projetos de Escolas da Prefeitura Municipal de Campinas (CAE). Foram fornecidas informações sobre a situação de planejamento do mesmo, constatando-se assim que uma série de EMEFs seria reformada, já em processo de projeto para o ano letivo vigente. O próprio departamento concordou com a necessidade de medições técnicas e de levantamento dos casos, pois não dispõe de informações técnicas sobre a situação em que se encontram as escolas da rede, assim como não dispõe de equipamentos para tal levantamento.

Com a documentação em mãos, cedida pela prefeitura municipal, pode-se notar tipologias de implantação em relação às salas de aula (comuns entre os prédios) e classificá-las conforme o Quadro 4.1 - Tipologias de prédios

escolares (GRAÇA,2002) As escolas a serem reformadas foram agrupadas de acordo com sua tipologia como indica a Tabela 6:1.

Tabela 6:1- Classificação - Tipologias de IMPLANTAÇÃO

Unidade Educacional	Tipologia de Implantação	Aberturas
N  EMEF Dulce Bento Nascimento		Aberturas em duas orientações 
N  EMEF José Narciso Vieira Ehremberg		Aberturas em duas orientações 
S  EMEF Profª Geny Rodrigues		Aberturas em duas orientações
S  EMEF Prof. Vicente Rao		Aberturas em três orientações



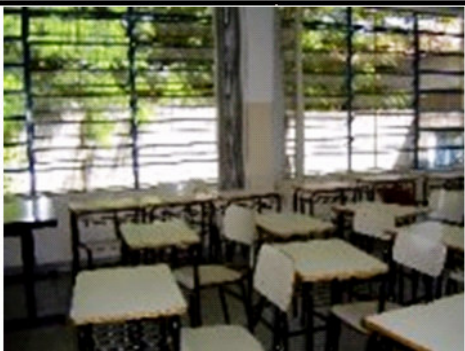









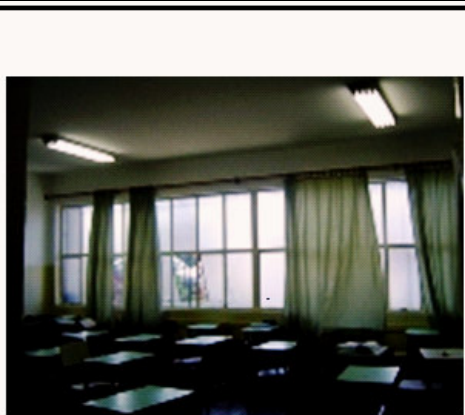
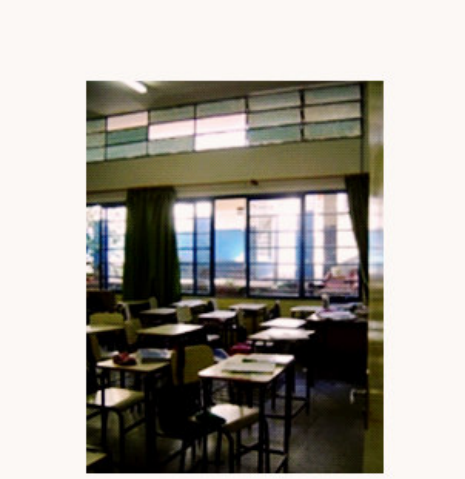
L	<p>EMEF Lourenço Bellocchio</p> 	<p>Aberturas em duas orientações</p> 
L	<p>EMEF Raul Pilla</p> 	<p>Aberturas em quatro orientações diferentes.</p>
SO	<p>EMEF CAIC - Zeferino Vaz</p> 	<p>Aberturas em duas orientações *Edifícios implantados paralelamente</p> 



A pesquisa de campo teve início no dia 25 de abril de 2006, com o levantamento fotográfico da situação atual das escolas e aplicação dos questionários aos diretores. Nestas primeiras visitas às escolas, foram identificadas as tipologias de aberturas encontradas, conforme classificação da Figura 3. 1- Tipologia de janelas (BECKETT & GODFREY, 1978), conforme Tabela 6:2.

**Tabela 6:2- Classificação - Tipologia de Aberturas**

Unidade Educacional		Aberturas em Salas de Aula	
N	EMEF Dulce Bento Nascimento  Basculante		
	EMEF José Narciso Vieira Ehremberg  Basculante		

<p>EMEF Prof. Geny Rodrigues</p> <p>S</p>  <p>Basculante</p>		
<p>EMEF Prof. Vicente Rao</p> <p>S</p>  <p>Maxim-ar</p>		
<p>EMEF Lourenço Bellocchio</p> <p>L</p>  <p>Basculante</p>  <p>Maxim-ar</p> <p>EMEF Raul Pilla</p> <p>L</p>  <p>Basculante</p>  <p>Correr</p>	 	 



A partir dos levantamentos foram selecionadas para este estudo a EMEF Raul Pilla, por ser a escola que possui o maior número de aberturas em orientações diferentes (com alto consumo energético) e a EMEF Lourenço Bellocchio, por ser da tipologia (sala/corredor) mais adotada na rede municipal de Campinas.

### 6.1.1. APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

Os usuários presentes nas unidades escolares da rede municipal de Campinas podem ser classificados em:

- ✦ . Professor(a);
- ✦ . diretor(a), vice-diretor(a) e orientador(a) pedagógico;
- ✦ . demais funcionários: cozinheiro(a), servente, vigilante e auxiliar de serviços gerais, monitores; e,

Em cada escola foi realizada inicialmente uma entrevista com o responsável, geralmente o(a) diretor(a), a fim de se obter dados característicos das edificações, tais como período de férias, população, dados do edifício e atividades que envolvem a utilização do mesmo, os quais foram inseridos na planilha correspondente.

Durante o período das medições foi aplicado nas duas escolas selecionadas questionários aos professores usuários das salas em estudo. Para compreensão dos questionários e interpretação dos mesmos adotou-se questionários adaptados de outros projetos de pesquisa sobre escolas, desenvolvidos pelo grupo de estudos em conforto ambiental da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, já finalizados. Estes questionários são apresentados em Anexo e destacados os objetivos de cada questão.

Os modelos de questionários estão apresentados em Anexo a esta dissertação.(Anexo01)

## **6.2. LEVANTAMENTO - OBSERVAÇÕES E MEDIÇÕES NAS DUAS ESCOLAS ESCOLHIDAS**

O registro das observações e medições técnicas, bem como a aplicação dos questionários, estão apresentados separadamente para cada escola pesquisada.

No intuito de reduzir a interferência do observador nos resultados das medições técnicas de iluminação, este se mantinha a distância de 1,5m do luxímetro e em direção oposta ao fluxo luminoso, pois foi observado que nestas condições a interferência nos resultados é mínima. As medições foram realizadas com luz acesa e só com luz natural, de modo a obter-se as reais diferenças de iluminâncias durante o período mais significativo de uso das salas de aula, das 9 às 17h, cujas variações são apontadas nos resultados.

As medições foram realizadas de acordo com a seqüência de pontos apresentada na Figura 6-1 .

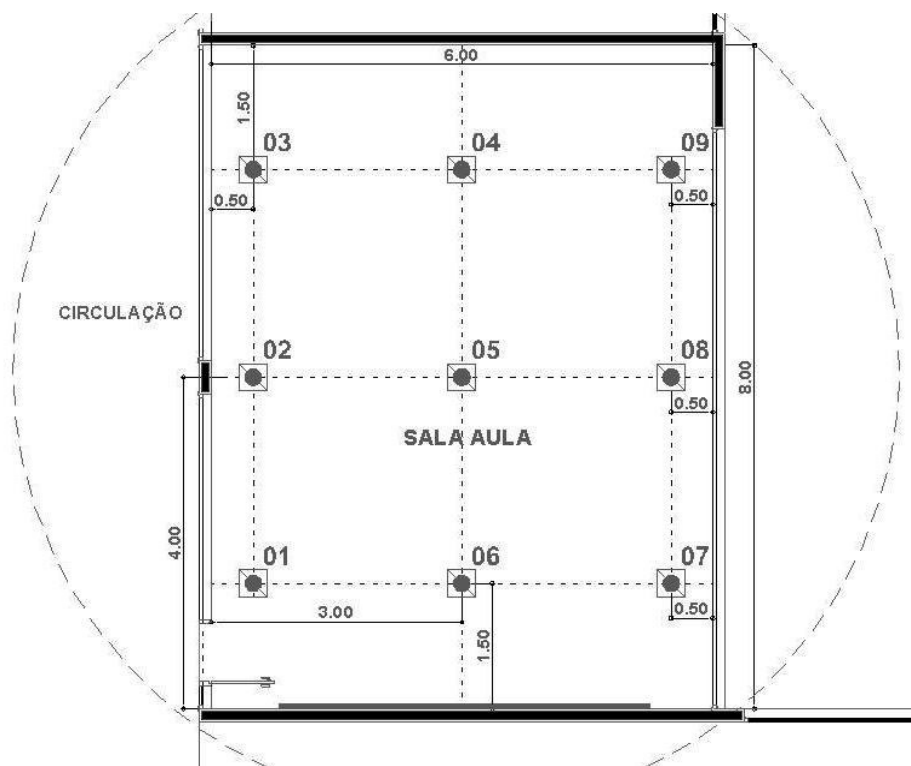


Figura 6-1 - Planta das salas de aula - PONTOS DE MEDIÇÃO.

### 6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS E.M.E.F. RAUL PILLA

Dados gerais e Identificação:

Localização: Rua Promissão, s/nº Jd. Flamboyant

A escola é freqüentada por alunos de classe média baixa e baixa, sendo esta a que concentra o maior número de auxílios “bolsa - família” e “bolsa - escola” - oferecidos pelo Governo Federal - na rede municipal de Campinas.

De acordo com as observações feitas no local e com questionários aplicados à diretoria e à professora que utiliza as salas em estudo, a escola apresenta ruas asfaltadas com iluminação pública na entrada principal; em



contraponto, a entrada pelos fundos não possui rua asfaltada e tem acesso à Favela da Vila Brandina (próxima a um Shopping Center de grande importância na cidade). O acesso das pessoas provenientes da parte central da cidade é fácil, sendo a escola bem servida por linhas de ônibus. A arborização é significativa na parte interna do lote.

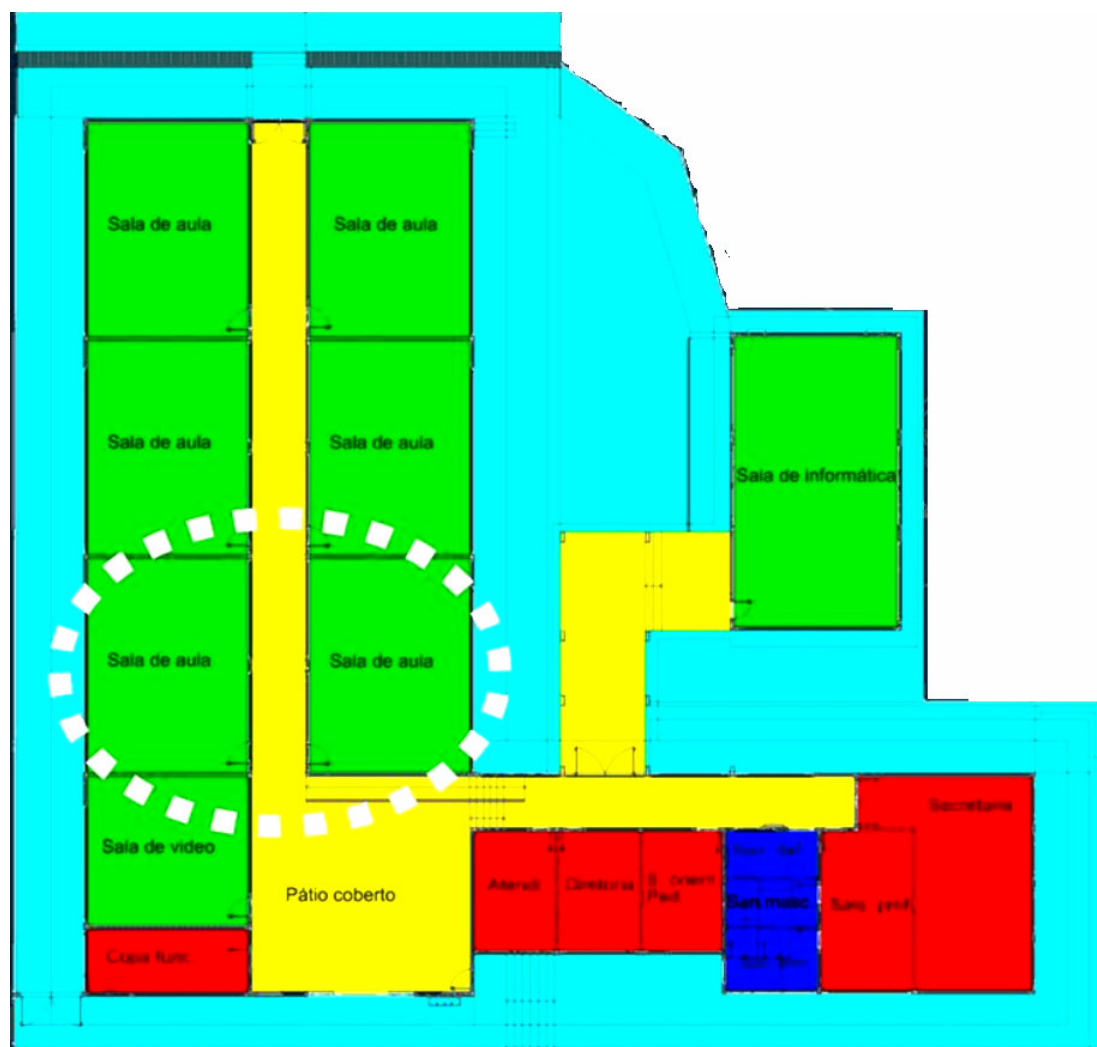
A escola utiliza 12 salas de aula por período de funcionamento: no projeto inicial constam somente (8) oito salas como uso “sala de aula”; quatro salas são adaptadas de outros usos. Cada sala tem capacidade média de 30 alunos.

A implantação da escola se faz em um lote extremamente acidentado; a união dos blocos é feita através de uma rampa que não é utilizada pelos alunos nem pelos professores, devido sua extensão( Figura 6-2).



**Figura 6-2 : Implantação EMEF Raul Pilla**

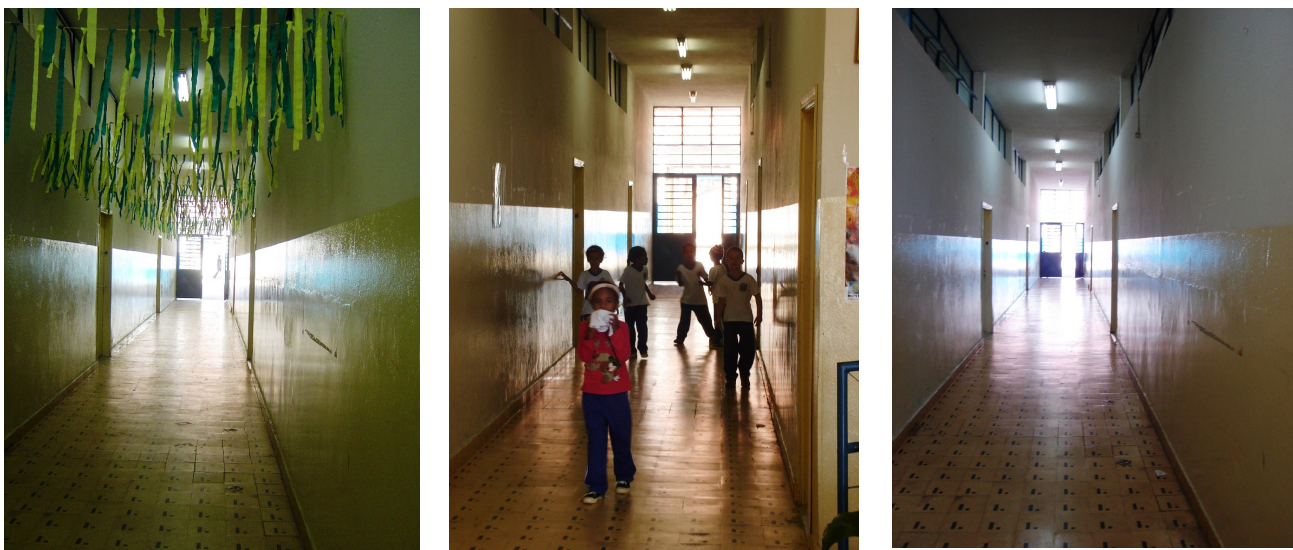
A grande e irregular área do lote é uma dificuldade para a administração. A escola é dividida em dois blocos, sendo o primeiro (Figura 6-3) de acesso direto da entrada principal. É o bloco com o maior número de salas de aula com uso determinado desde o projeto inicial (seis salas). Conta com um corredor central, onde as salas foram projetadas com aberturas para o corredor e para a face interna do mesmo.



**Figura 6-3:Plantas prédio 01**

Com os níveis de iluminância medidos no corredor, notou-se que estas aberturas, voltadas para o corredor, não tem influência no aspecto lumínico do interior da sala. Estas têm papel importante no que diz respeito à ventilação do

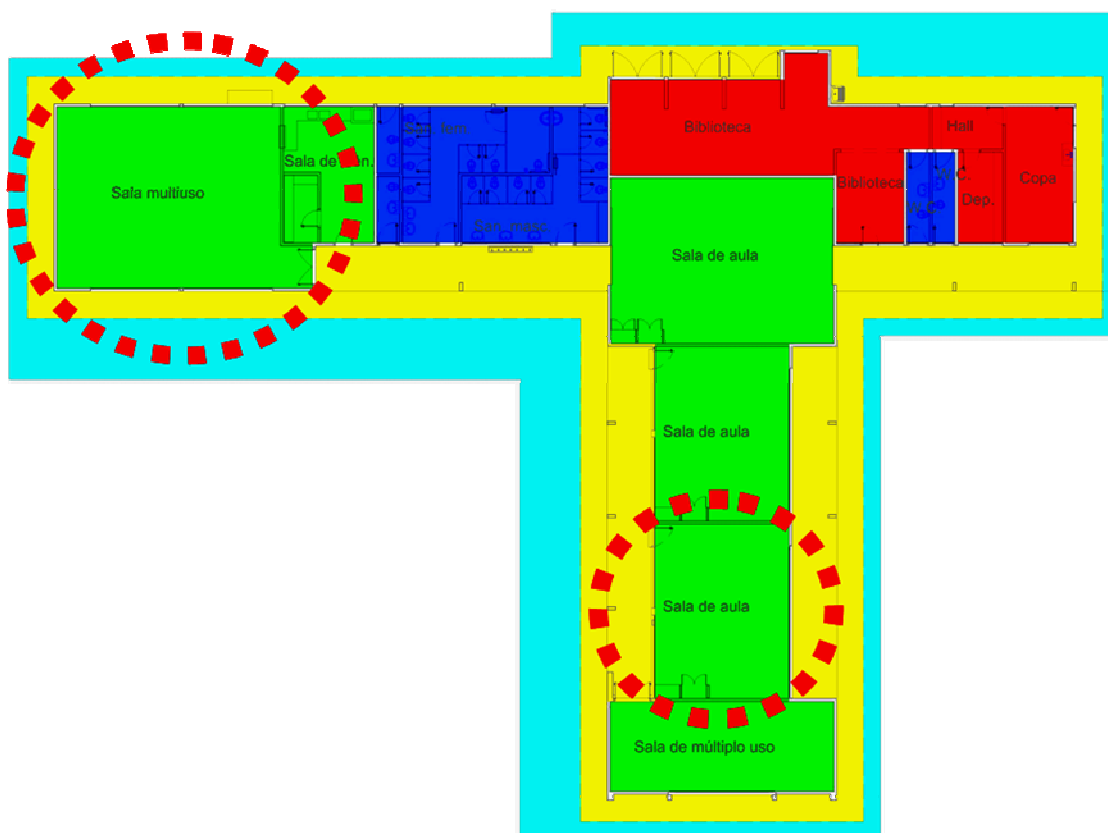
ambiente interno da sala de aula (no caso desta pesquisa não foram feitas medições para acústica), portanto não contribuiriam para a distribuição interna da iluminação. Não foram utilizadas, portanto, nas simulações de níveis de iluminância, conforme se pode confirmar na Figura 6-4.



**Figura 6-4: Corredor de salas de aula da EMEF Raul Pilla**

O segundo bloco foi construído posteriormente e só possui em projeto duas “salas de aula”, as quais são protegidas de ambos os lados por berais e varandas, o que faz com que nenhuma das “salas de aula” necessite de cortinas.





**Figura 6-5: Plantas prédio 02**

Conforme a NBR 1453 (ABNT, 1992), para levantamentos nos quais não seja possível um monitoramento da iluminação natural ao longo do ano, recomenda-se verificar a iluminância nas condições de céu mais representativas do local nos seguintes períodos:

- a) em um dia próximo ao solstício de verão ( 22 de dezembro );
- b) em um dia próximo ao solstício de inverno ( 22 de junho ).

As medições foram realizadas nas datas apresentadas na Tabela 6.3 .

**Tabela 6:3- Medições na EMF Raul Pilla**

MEDIÇÕES	EMEF Raul Pilla
INVERNO	(LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO) 8 agosto, 2006
	(PRÉ-TESTE) 23 agosto, 2006
EQUINÓCIO /PRIMAVERA	19 setembro, 2006
PRIMAVERA / VERÃO	29 novembro, 2006
VERÃO	15 dezembro, 2006

### **6.3.1. AS SALAS DE AULAS SELECIONADAS**

Foram selecionadas duas salas do prédio 01 e duas salas do prédio 02. As salas do prédio 01 são as salas 01 e 02,(Figura 6-3) com mesma tipologia de aberturas e lay-out de mobiliário , diferenciando-se pela orientação das aberturas.

As salas do prédio 02 são a sala 08 e a sala multiuso(Figura 6-5); essas salas foram selecionadas por possuírem tipologias diferenciadas do projeto original da escola.

### **6.3.2. SALA 01**

O acesso à sala é feito através do corredor de circulação central do prédio, onde se localiza a entrada principal dos alunos.

Abriga alunos de 1º série no período matutino e de 5º no período vespertino, com capacidade máxima para 32 alunos. Construída em alvenaria, possui pintura interna em tinta látex na cor branca com faixa impermeável de 1,5m na cor amarela (Figura 6-7), forro em laje com pintura látex na cor branca e piso em granilite.

As aberturas estão voltadas para NOROESTE com vistas para a cobertura que liga o bloco à sala de computação.

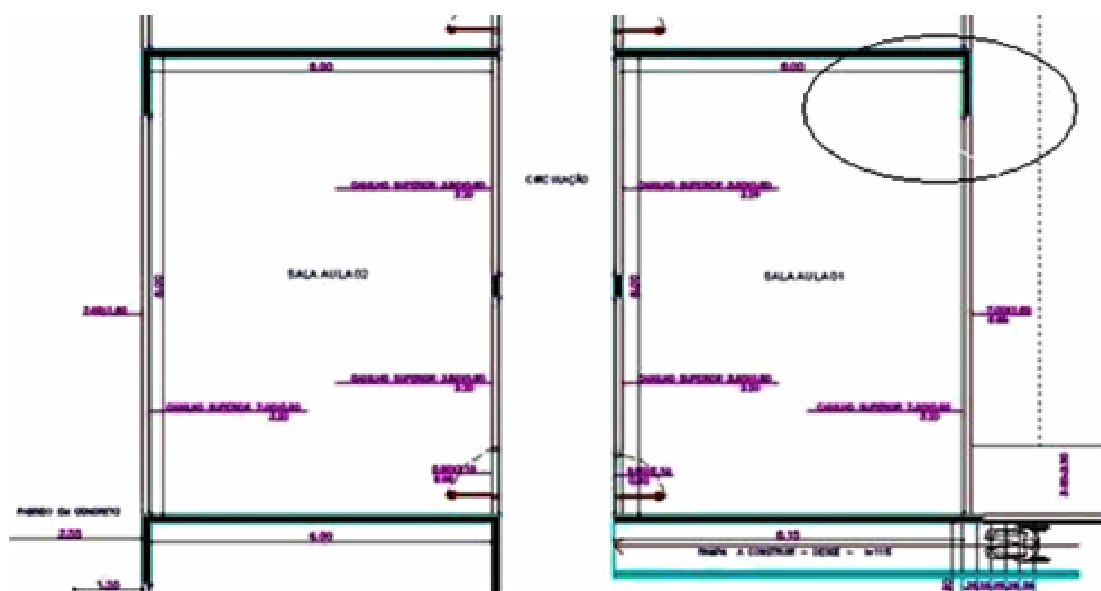


Figura 6-6- Sala 01 ORIENTAÇÃO - peitoril da janela



Figura 6-7- Sala 01 EMEF Raul Pilla

Em relação ao projeto, foi constatado que as posições das aberturas estão anotadas incorretamente: a parede para proteção do quadro negro está posicionada junto à parede de fundo da sala e não ao lado do quadro como efetivamente se apresenta (Figura 6-8) .



**Figura 6-8- Planta das salas de aulas - projeto de reforma**

Nesta sala, como em todo o prédio, o usuário não tem acesso ao controle das luminárias. Em entrevista com as professoras, a necessidade deste controle foi expressa através de expressões como: (...)“algumas vezes gostaríamos de apagar a luz, mas não apagamos, pois para ir até a sala dos professores temos de deixar os alunos sozinhos”.

As tabelas 6.4 e 6.5 apresentam a descrição e situação de uso das aberturas.

**Tabela 6:4- ABERTURAS - sala 01**

Tipo	Dimensões (m)	Quantidade
Basculante	7,0 x 0,80 /3, 2	01
Correr	7,0 x 1,60 /3, 2	01
Maxim-ar	3,80 x 0,80 /3,2	02

**Tabela 6:5- Proteções ( elementos de sombra)**

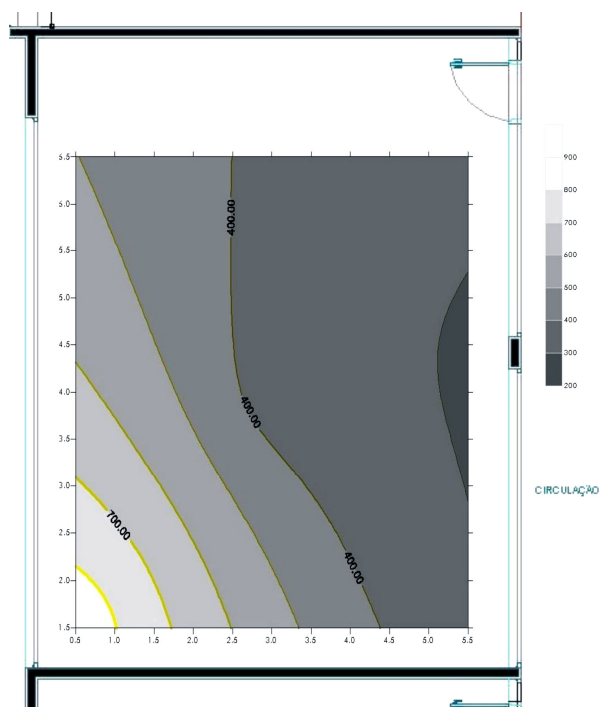
	Leve (translúc)	Branca (opaca)	Escura (opaca)
<b>Cortinas</b>			<b>X</b>
<b>Persianas</b>			
<b>Brise-soleil</b>			
<b>Pint./vidro</b>		<b>X</b>	
<b>Marquises</b>			
<b>beirais</b>	0,80 m		
<b>Vegetação</b>			

Os dados obtidos em medições foram anotados em planilhas apresentadas em seqüência e posteriormente inseridos no programa SURFER5, a fim de se obter as isolinhas das situações mensuradas e posteriormente compará-las com resultados de simulações no programa Relux 2005, sem iluminação artificial.

DIA 23 DE AGOSTO DE 2006

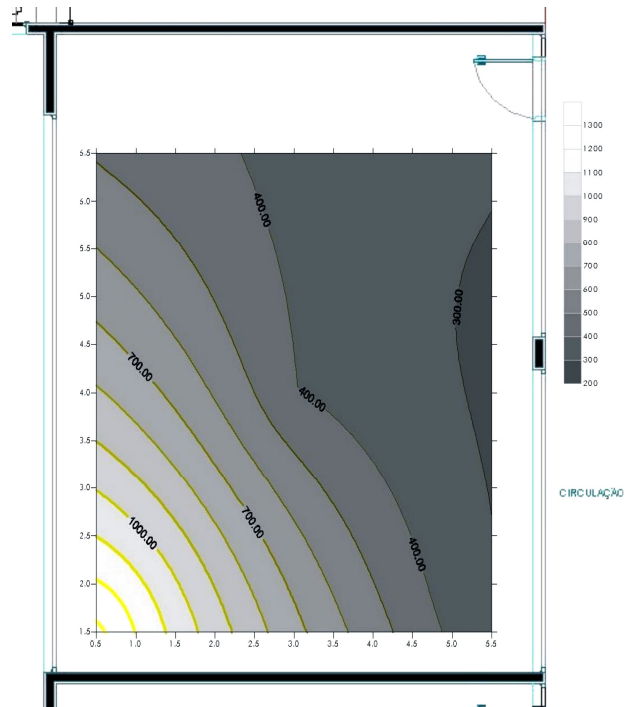
Tabela 6:6- Dados obtidos em medições dia 23 de agosto de 2006

Iluminâncias		10:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	318,00	LUZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA:	Diversidade=
PONTO 2	309,00		1= 1520lux	2,84
PONTO 3	878,00		Corredor= 380lux	Uniformidade=
PONTO 4	502,00			0,66
PONTO 5	350,00			
471,40		MÉDIA		
PONTO 1	253,00	LUZ ACESA CORTINA FECHADA		Diversidade=
PONTO 2	264,00			1,74
PONTO 3	195,00			Uniformidade=
PONTO 4	173,00			0,73
PONTO 5	301,00			
237,20		MÉDIA		
Iluminâncias		12:30	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	312,00	LUZ ACESA CORTINA ABERTA		Diversidade=
PONTO 2	305,00			4,35
PONTO 3	1328,00		EXTERNA:	Uniformidade=
PONTO 4	490,00		1= 74900lux	0,54
PONTO 5	405,00			
568,00		MÉDIA		
PONTO 1	241,00	LUZ ACESA CORTINA FECHADA		Diversidade=
PONTO 2	268,00			1,80
PONTO 3	167,00			Uniformidade=
PONTO 4	175,00			0,72
PONTO 5	301,00			
230,40		MÉDIA		



**09:20**

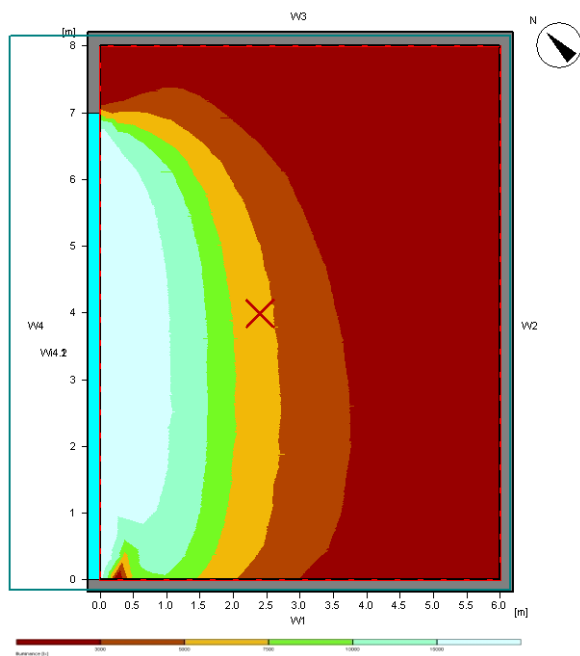
**LUZ ACESA  
CORTINA ABERTA**



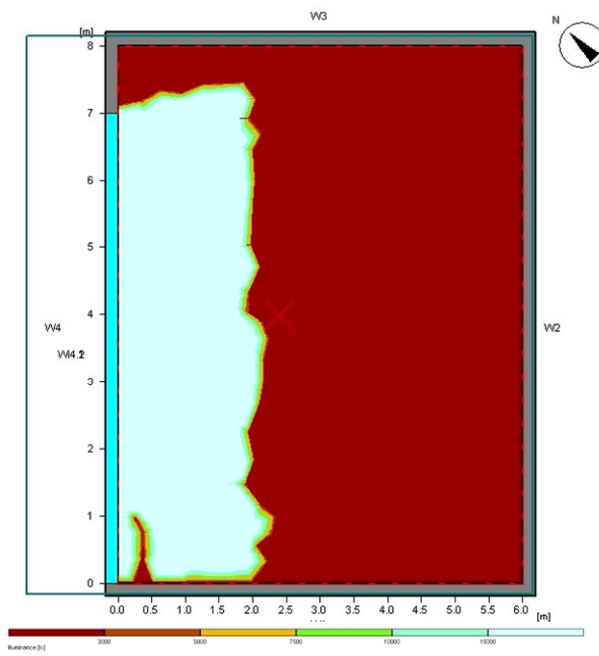
**12:30**

**LUZ ACESA  
CORTINA ABERTA**

**Figura 6-9- Isolinhas - Medição (Programa SURFER 5.0)**

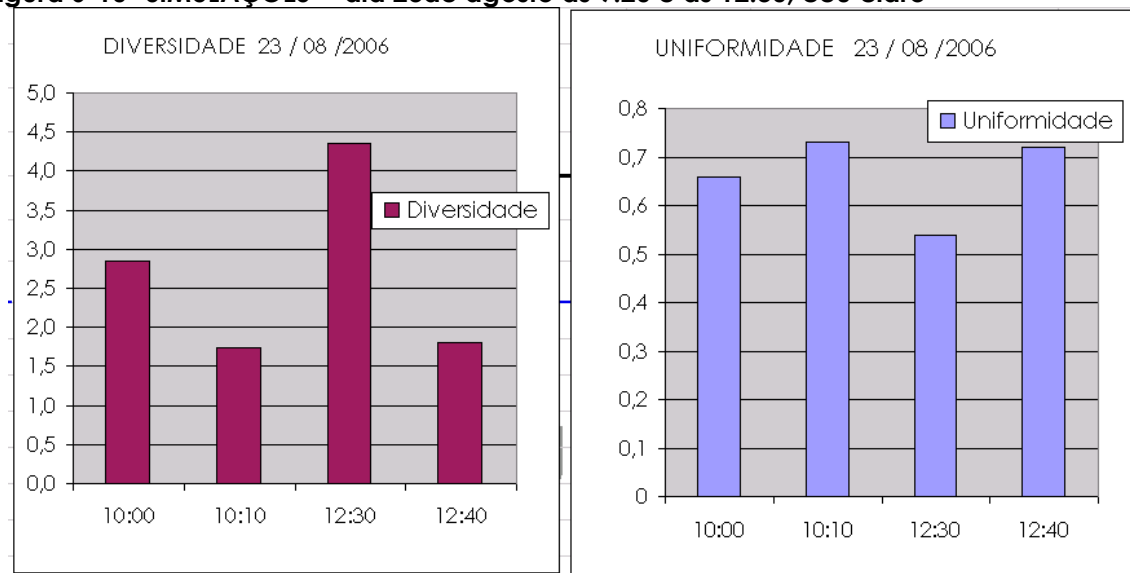


**09:20**



**12:30**

**Figura 6-10- SIMULAÇÕES - dia 23 de agosto às 9:20 e às 12:30, céu claro**



**Figura 6-11: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**



DIA 19 DE SETEMBRO DE 2006

Tabela 6:7- Dados obtidos em medições, dia 19 de setembro de 2006

	Iluminâncias	10:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	210,00	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 3,93	
PONTO 2	259,60			
PONTO 3	269,80		Uniformidade= 0,60	
PONTO 4	229,70			
PONTO 5	300,00			
PONTO 6	257,10			
PONTO 7	677,00			
PONTO 8	194,30			
PONTO 9	172,10			
	285,51	MÉDIA		
PONTO 1	152,00	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA		
PONTO 2	133,00			
PONTO 3	92,00			
PONTO 4	160,00			
PONTO 5	184,00			
PONTO 6	161,00			
PONTO 7	633,00			
PONTO 8	479,00			
PONTO 9	468,00			
PONTO 1	261,50	LUZ ACESA  CORTINA ABERTA		
PONTO 2	349,00			
PONTO 3	290,00			
PONTO 4	318,00			
PONTO 5	406,00			
PONTO 6	320,00			
PONTO 7	790,00			
PONTO 8	690,00			
PONTO 9	630,00			

EXTERNA:  
1 2  
1979lux 1659lux

**12:30**

**CÉU PARCIALMENTE NUBLADO**

PONTO 1	143,00	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	140,00	
PONTO 3	120,00	
PONTO 4	185,00	
PONTO 5	330,00	
PONTO 6	185,00	
PONTO 7	4950,00	
PONTO 8	670,00	
PONTO 9	1866,00	

EXTERNA:

1

2

Diversidade=

**41,25**

Uniformidade=

**0,13**

12480lux

8610lux

**954,33**

Média

PONTO 1	196,40	LUZ ACESA CORTINA FECHADA
PONTO 2	269,00	
PONTO 3	234,00	
PONTO 4	233,00	
PONTO 5	290,00	
PONTO 6	240,00	
PONTO 7	185,00	
PONTO 8	210,00	LUZ ACESA CORTINA ABERTA
PONTO 9	185,00	
PONTO 1	285,30	
PONTO 2	365,00	
PONTO 3	304,00	
PONTO 4	350,00	
PONTO 5	463,00	
PONTO 6	456,00	
PONTO 7	6790,00	
PONTO 8	425,00	
PONTO 9	2172,00	

**15:30**

**CÉU PARCIALMENTE NUBLADO**

PONTO 1	302,00	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL
PONTO 2	406,00	
PONTO 3	332,00	
PONTO 4	430,00	
PONTO 5	570,00	
PONTO 6	382,00	
PONTO 7	360,00	
PONTO 8	737,00	
PONTO 9	1450,00	

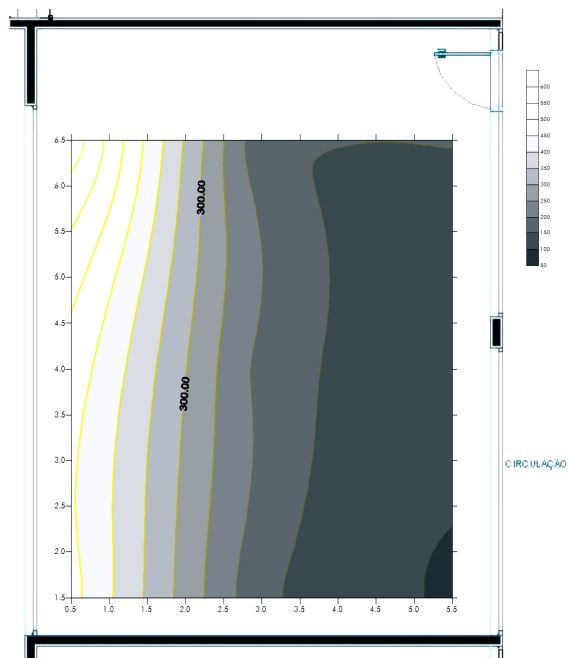
Diversidade= **4,80**

EXTERNA:

1	2	Uniformidade=	0,55
11380lux	8380lux		

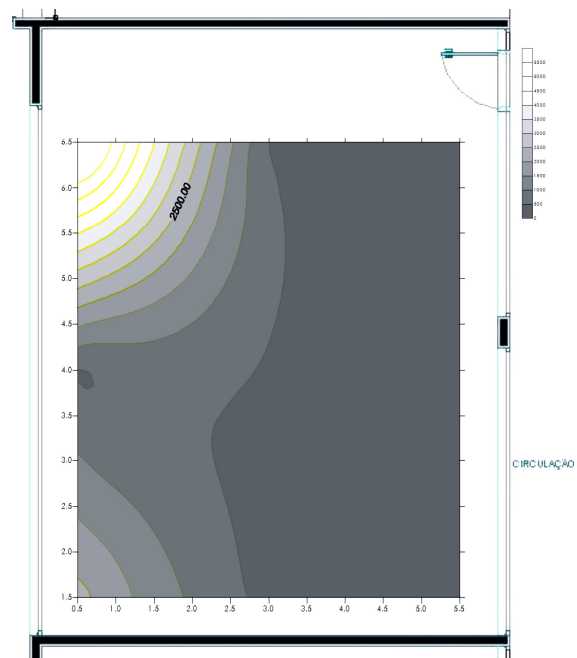
**552,11** Média

PONTO 1	187,00	LUZ ACESA  CORTINA FECHADA
PONTO 2	270,00	
PONTO 3	232,00	
PONTO 4	261,00	
PONTO 5	302,00	
PONTO 6	236,00	
PONTO 7	253,00	
PONTO 8	270,00	
PONTO 9	206,00	
PONTO 1	164,00	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	187,00	
PONTO 3	165,00	
PONTO 4	207,00	
PONTO 5	335,00	
PONTO 6	290,00	
PONTO 7	6800,00	
PONTO 8	4160,00	
PONTO 9	2075,00	



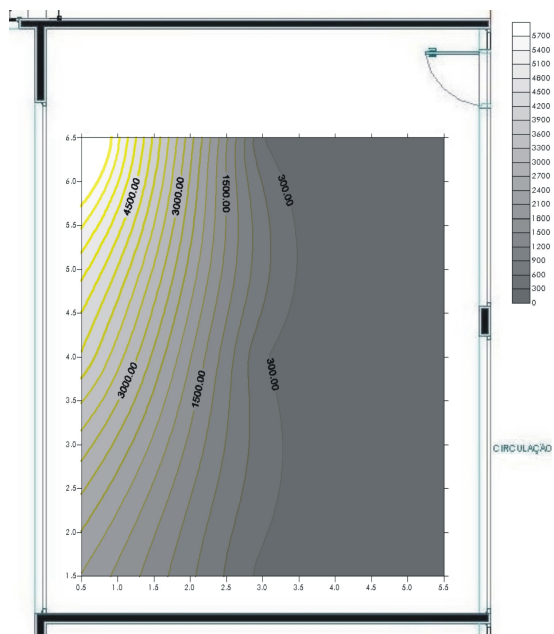
**10:00**

**LUZ APAGADA  
CORTINA ABERTA**



**12:30**

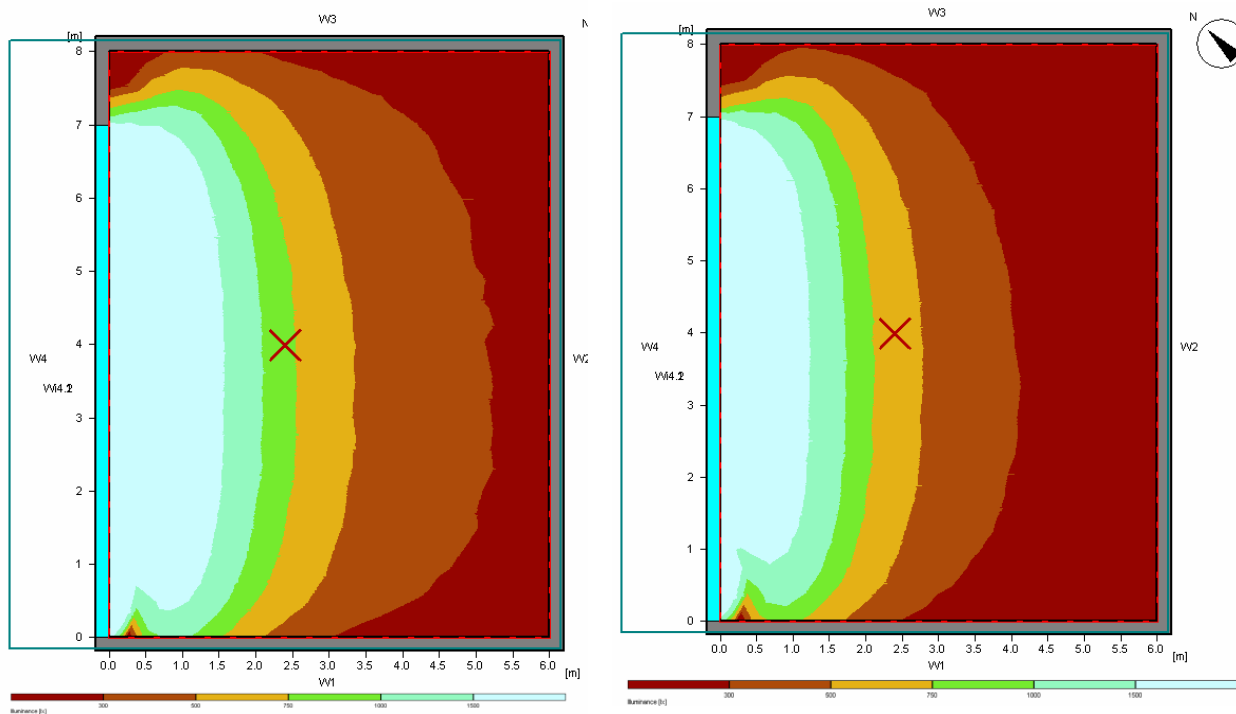
**LUZ APAGADA  
CORTINA ABERTA**



**15:30**

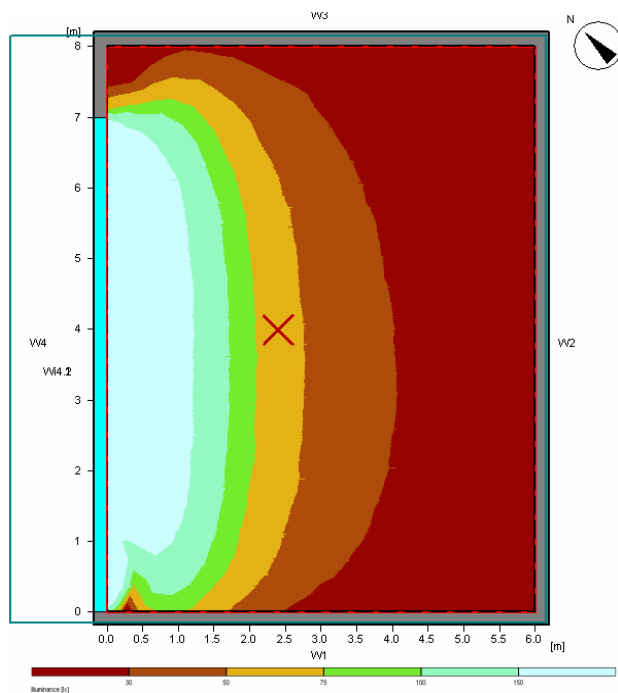
**LUZ APAGADA  
CORTINA ABERTA**

**Figura 6-12- Isolinhas - Medição (Programa SURFER 5.0)**



10:00

12:30



15:30

Figura 6-13- SIMULAÇÕES - dia 19 de setembro às 10:00,12:30 e15:30,céu encoberto.

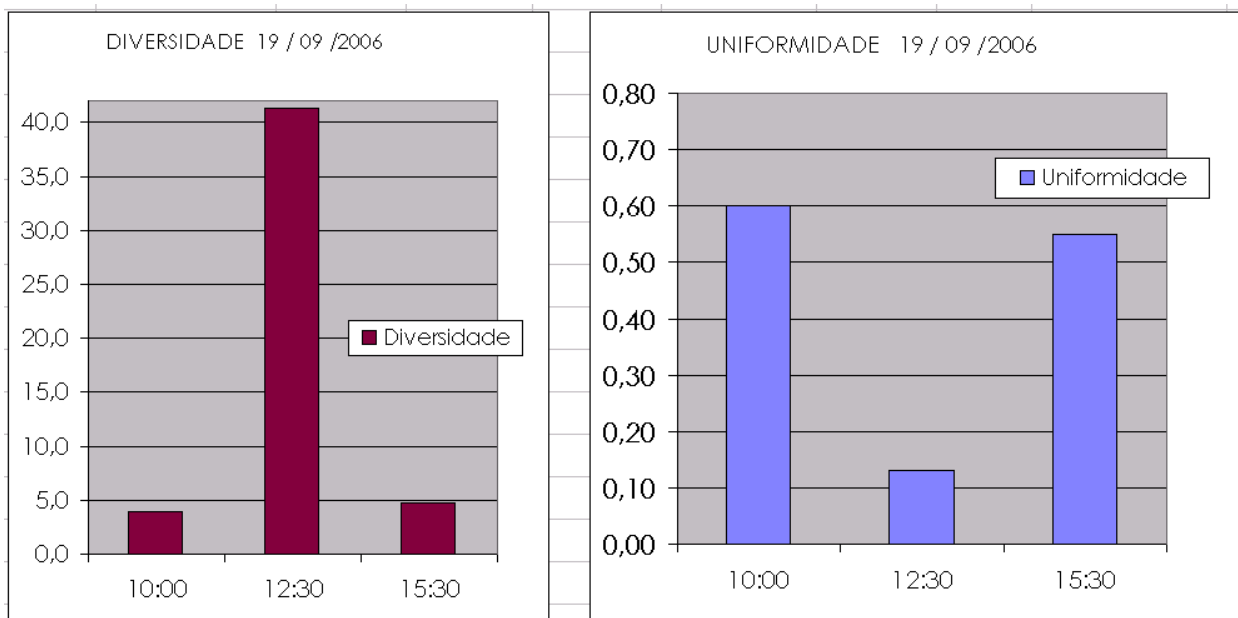


Figura 6-14: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 29 DE NOVEMBRO DE 2006

Tabela 6:8- Dados obtidos em medições, dia 29de novembro de 2006

Iluminâncias		09:00	CÉU NUBLADO	
PONTO 1	188,6	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	EXTERNA:  1 2860lux	2 4460lux
PONTO 2	245			
PONTO 3	244,6			
PONTO 4	252,1			
PONTO 5	328			
PONTO 6	195			
PONTO 7	973			
PONTO 8	382			
PONTO 9	2114			
546,92		Média		
PONTO 1	70	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA	EXTERNA:  1 2800lux	2 3990lux
PONTO 2	70			
PONTO 3	53			
PONTO 4	95			
PONTO 5	155			
PONTO 6	99			
PONTO 7	910			
PONTO 8	233			
PONTO 9	1850			

12:00

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

PONTO 1	261	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL
PONTO 2	338	
PONTO 3	284	
PONTO 4	340	
PONTO 5	382	
PONTO 6	285	
PONTO 7	1953	
PONTO 8	747	
PONTO 9	5300	

Diversidade= 20,31

Uniformidade= 0,24

EXTERNA:

1 2  
5225lux 7560lux

1098,89 Média

PONTO 1	80	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	7604	
PONTO 3	60,9	
PONTO 4	125,5	
PONTO 5	155,5	
PONTO 6	120,3	
PONTO 7	1991	
PONTO 8	1030	
PONTO 9	5210	

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 20,00

Uniformidade= 0,15

EXTERNA:

1 2  
6970lux 8860lux

Iluminâncias

15:00

PONTO 1	257,8	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL
PONTO 2	310	
PONTO 3	238,1	
PONTO 4	379	
PONTO 5	417	
PONTO 6	283,3	
PONTO 7	6760	
PONTO 8	3920	
PONTO 9	6200	

2085,02 MÉDIA

PONTO 1	118,3	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	122,6	
PONTO 3	100,3	
PONTO 4	233,4	
PONTO 5	272,9	
PONTO 6	147,1	
PONTO 7	3940	
PONTO 8	3930	
PONTO 9	8040	

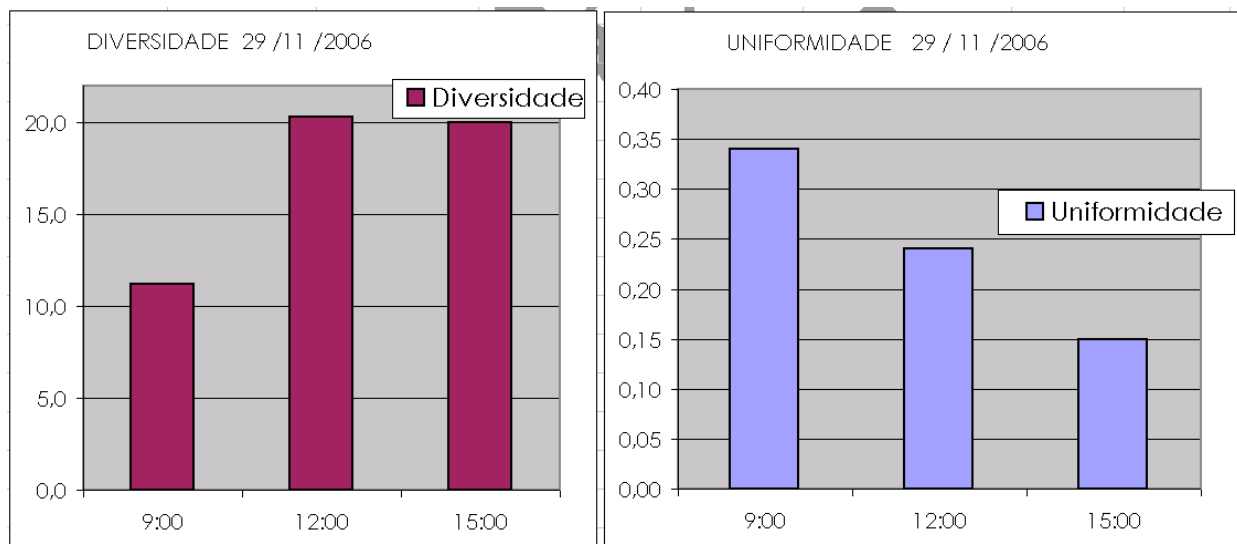


Figura 6-15: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 15 DE DEZEMBRO DE 2006

Tabela 6-9- Dados obtidos em medições, dia 15 de dezembro de 2006

Iluminâncias		09:30	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	125	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 11,60	
PONTO 2	219		Uniformidade= 0,28	
PONTO 3	250		EXTERNA:	
PONTO 4	240		1	2
PONTO 5	292		2650lux	3580lux
PONTO 6	230			
PONTO 7	715	MÉDIA		
PONTO 8	466			
PONTO 9	1450			
	443,00			
PONTO 1	45	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA	EXTERNA:	
PONTO 2	40		1	2
PONTO 3	42		2840lux	3880lux
PONTO 4	72			
PONTO 5	69			
PONTO 6	51			
PONTO 7	780			
PONTO 8	420			
PONTO 9	1600			



Iluminâncias		14:00
PONTO 1	165	<b>LUZ ACESA</b>  <b>CORTINA COMO</b> <b>UTILIZADA NO LOCAL</b>
PONTO 2	224	
PONTO 3	221,3	
PONTO 4	220,5	
PONTO 5	294	
PONTO 6	222,2	
PONTO 7	620	
PONTO 8	1121	
PONTO 9	2250	

Média		593,11
PONTO 1	40,8	<b>LUZ APAGADA</b>  <b>CORTINA ABERTA</b>
PONTO 2	29,4	
PONTO 3	25,3	
PONTO 4	37,8	
PONTO 5	46	
PONTO 6	32	
PONTO 7	283	
PONTO 8	335	
PONTO 9	944	

## CÉU NUBLADO

Diversidade= 13,64

Uniformidade= 0,28

EXTERNA:

1  
1200lux

2  
1800lux

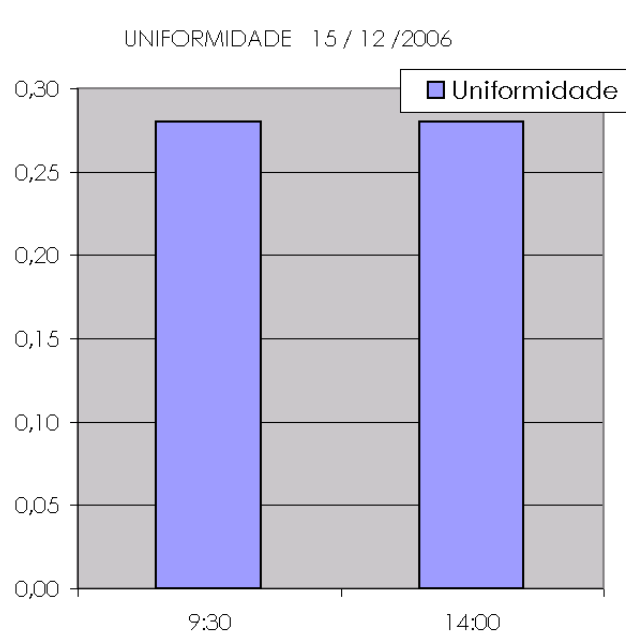
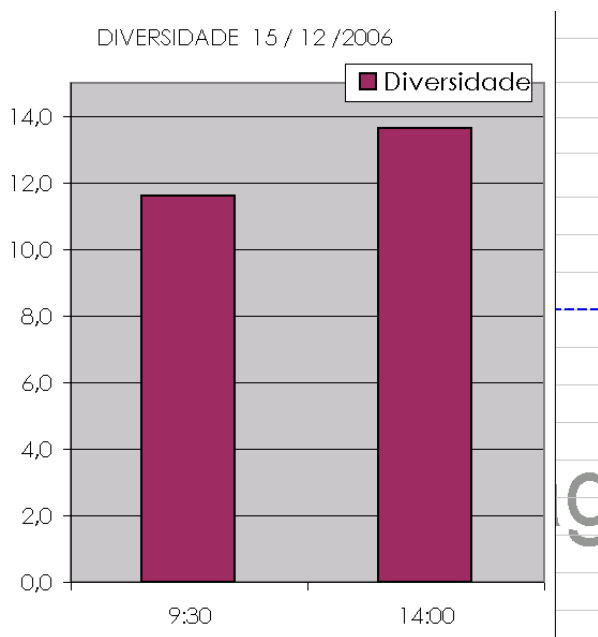


Figura 6-16: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

### **6.3.2.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE - SALA01**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não exceda a relação 5:1, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 12, 28, o que esta longe de atender a NBR5461 (ABNT, 2003).

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461 (ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0, 4, ou seja, 40% de uniformidade do ambiente.

### **6.3.3. SALA 02**

O acesso à sala é feito através do corredor de circulação central do prédio, onde se localiza a entrada principal dos alunos.

Abriga alunos de 1º série no período matutino e de 6º no período vespertino, com capacidade máxima para 32 alunos. Construída em alvenaria, possui pintura interna em tinta látex na cor branca com faixa impermeável de 1,5m na cor amarela (Figura 6-7), forro em laje com pintura látex na cor branca e piso em granilite.

As aberturas estão voltadas para SUDESTE, com vistas para o estacionamento dos professores e a abertura principal fica voltada para a cerca viva, que funciona com proteção e anteparo visual (Figura 6-18).



Figura



**Figura 6-18- Sala 02 EMEF Raul Pilla**

Nesta sala, como em todo o prédio, o usuário também não tem acesso ao controle das luminárias.

As tabelas 6.10 e 6.11 apresentam a descrição e situação de uso das aberturas.

**Tabela 6:10- ABERTURAS - sala 02**

<b>Tipo</b>	<b>Dimensões (m)</b>	<b>Quantidade</b>
Basculante	7,0 x 0,80 /3, 2	01
Correr	7,0 x 1,60 /3, 2	01
Maxim-ar	3,80 x 0,80 /3,2	02

**Tabela 6:11- Proteções ( elementos de sombra)**

	Leve (translúc)	Branca (opaca)	Escura (opaca)
<b>Cortinas</b>			<b>X</b>
<b>Persianas</b>			
<b>Brise-soleil</b>			
<b>Pint./vidro</b>		<b>X</b>	
<b>Marquises</b>			
<b>beirais</b>	1,20 m		
<b>Vegetação</b>	a 1,30m da janela , cerca viva		

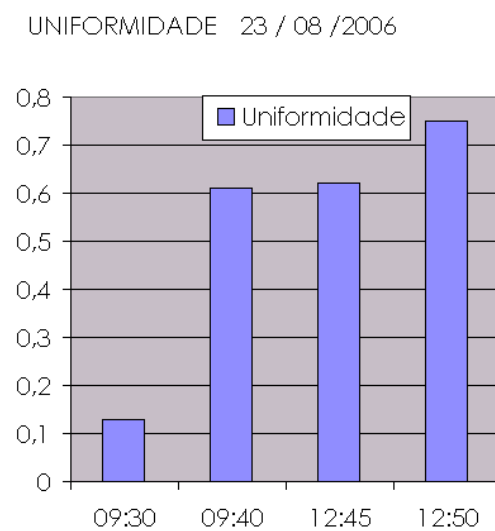
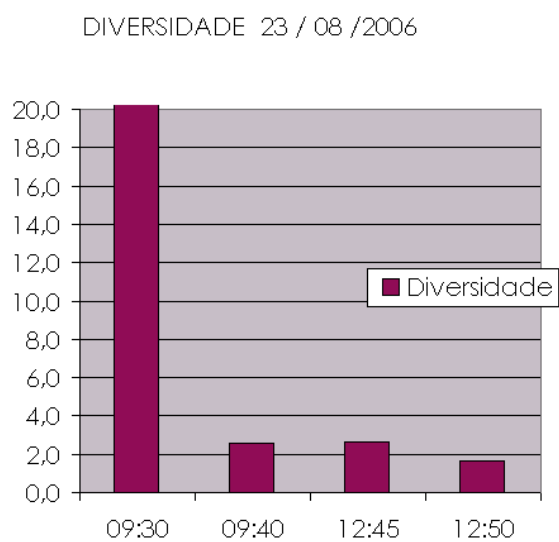
Os dados obtidos em medições foram anotados em planilhas apresentadas em seqüência e posteriormente inseridos no programa SURFER5, a fim de se obter as isolinhas das situações mensuradas e posteriormente compará-las com resultados de simulações no programa Relux 2005, sem iluminação artificial. Apresentados no Anexo 02

DIA 23 DE AGOSTO DE 2006

**Tabela 6:12- Dados obtidos em medições -23 de agosto.**

Iluminâncias		09:30	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	416	LUZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 Corredor 63200 lux 480 lux	Diversidade= 21,42
PONTO 2	446			
PONTO 3	6080			Uniformidade= 0,13
PONTO 4	8910			
PONTO 5	757			
3321,80		MÉDIA		
PONTO 1	280	LUZ ACESA CORTINA FECHADA	EXTERNA: 1 Corredor 14290 lux 480 lux	Diversidade= 2,58
PONTO 2	314			
PONTO 3	522			Uniformidade= 0,61
PONTO 4	722			
PONTO 5	443			
456,20		MÉDIA		
Iluminâncias		12:45	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	240	LUZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 933 lux	Diversidade= 2,61
PONTO 2	295			
PONTO 3	627			Uniformidade= 0,62
PONTO 4	393			
PONTO 5	392			
389,40		MÉDIA		
PONTO 1	202	LUZ ACESA CORTINA FECHADA		Diversidade= 1,68
PONTO 2	268			
PONTO 3	303			Uniformidade= 0,75
PONTO 4	226			
PONTO 5	340			
267,80		MÉDIA		





**Figura 6-21: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

DIA 19 DE SETEMBRO DE 2006

**Tabela 6:13- Dados obtidos em medições-19 de setembro**

	Iluminâncias	10:30
PONTO 1	578	LUZ ACESA CORTINA ABERTA
PONTO 2	338	
PONTO 3	608	
PONTO 4	815	
PONTO 5	1013	
PONTO 6	835	
PONTO 7	58800	
PONTO 8	1428	
PONTO 9	56200	
13401,67		MÉDIA
PONTO 1	345	LUZ ACESA CORTINA FECHADA
PONTO 2	358	
PONTO 3	299	
PONTO 4	385	
PONTO 5	492	
PONTO 6	478	
PONTO 7	703	
PONTO 8	590	
PONTO 9	450	
PONTO 1	396	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	460	
PONTO 3	436	
PONTO 4	652	
PONTO 5	666	
PONTO 6	448	
PONTO 7	3840	
PONTO 8	1075	
PONTO 9	3630	

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 166,27

Uniformidade= 0,03

EXTERNA:

1

2

79000lux

78200lux



**12:30**

**CÉU PARCIALMENTE NUBLADO**

PONTO 1	515	LUZ ACESA CORTINA ABERTA
PONTO 2	540	
PONTO 3	450	
PONTO 4	1220	
PONTO 5	990	
PONTO 6	975	
PONTO 7	4330	
PONTO 8	2900	
PONTO 9	3000	

Diversidade= **9,62**

EXTERNA:

1

2

Uniformidade= **0,27**

10400 lux 10530 lux

**1657,78** Média

PONTO 1	345	LUZ ACESA CORTINA FECHADA
PONTO 2	330	
PONTO 3	290	
PONTO 4	380	
PONTO 5	428	
PONTO 6	420	
PONTO 7	504	
PONTO 8	404	
PONTO 9	304	
PONTO 1	310	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	344	
PONTO 3	304	
PONTO 4	510	
PONTO 5	583	
PONTO 6	564	
PONTO 7	5320	
PONTO 8	2715	
PONTO 9	2990	

**15:30**

**CÉU PARCIALMENTE NUBLADO**

PONTO 1	210	LUZ ACESA CORTINA ABERTA
PONTO 2	216	
PONTO 3	188	
PONTO 4	340	
PONTO 5	300	
PONTO 6	305	
PONTO 7	3150	
PONTO 8	1350	
PONTO 9	2240	

Diversidade= **16,76**

EXTERNA:

**1**

**8030 lux**

**2**

**10620 lux**

Uniformidade= **0,20**

Corredor

**320 lux**

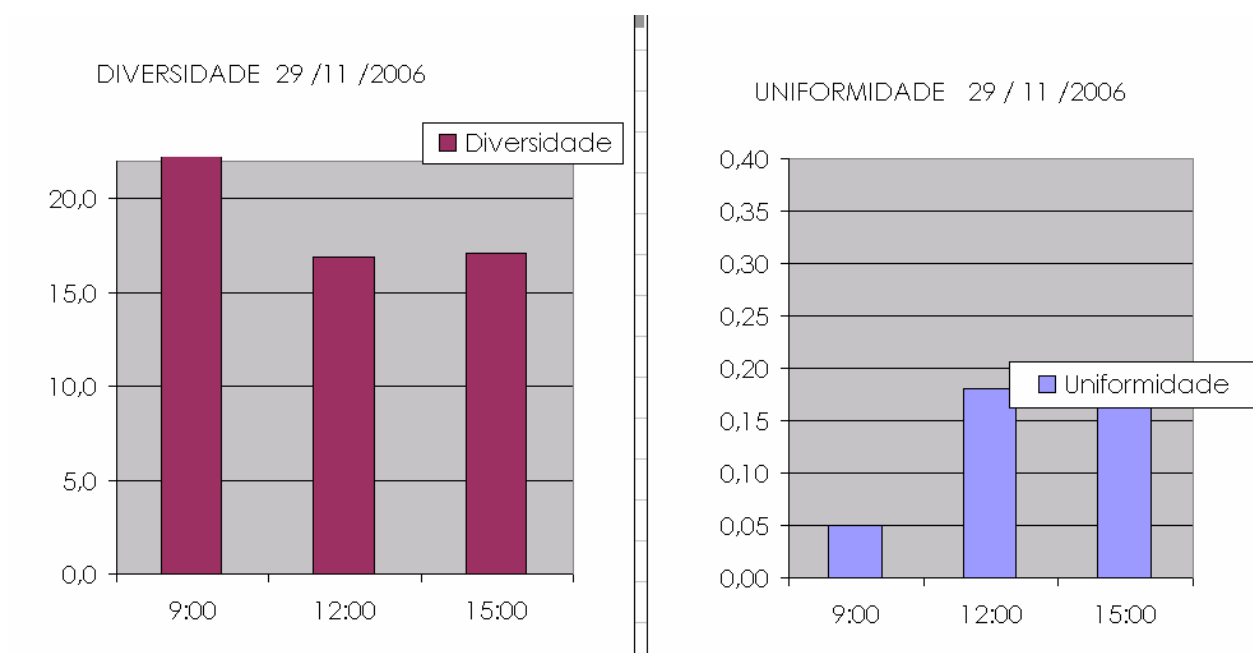
**922,11**

Média

PONTO 1	290	LUZ ACESA CORTINA FECHADA
PONTO 2	270	
PONTO 3	228	
PONTO 4	360	
PONTO 5	400	
PONTO 6	430	
PONTO 7	100	
PONTO 8	320	
PONTO 9	710	

PONTO 1	415	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	430	
PONTO 3	340	
PONTO 4	540	
PONTO 5	560	
PONTO 6	600	
PONTO 7	3600	
PONTO 8	1650	
PONTO 9	2480	



**Figura 6-22: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

DIA 29 DE NOVEMBRO DE 2006

**Tabela 6:14- Dados obtidos em medições, dia 29 de novembro de 2006**

Iluminâncias			09:00		CÉU NUBLADO	
PONTO 1	265	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade=	15,17	EXTERNA:  1 11600lux	2 11540lux
PONTO 2	297,7					
PONTO 3	299		Uniformidade=	0,21		
PONTO 4	685					
PONTO 5	434					
PONTO 6	600					
PONTO 7	3650					
PONTO 8	4020					
PONTO 9	1316					
1285,19 Média						
PONTO 1	183,4	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA				
PONTO 2	154,3					
PONTO 3	166,3					
PONTO 4	460					
PONTO 5	325					
PONTO 6	645					
PONTO 7	4070					
PONTO 8	4770					
PONTO 9	995					
09:10		CÉU PARCIALMENTE NUBLADO				
PONTO 1	244,5	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA	Diversidade=	65,03	EXTERNA:  1 33000lux	2 45000lux
PONTO 2	281					
PONTO 3	318		Uniformidade=	0,05		
PONTO 4	520					
PONTO 5	452					
PONTO 6	552					
PONTO 7	15900					
PONTO 8	20200					
PONTO 9	2498					
4551,72 Média						

Iluminâncias		12:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO				
PONTO 1	300	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	EXTERNA:	1 9500 lux	2 11100 lux	Diversidade=	16,87
PONTO 2	354					Uniformidade=	0,18
PONTO 3	374						
PONTO 4	690						
PONTO 5	666						
PONTO 6	620						
PONTO 7	3280						
PONTO 8	5060						
PONTO 9	4030						
1708,22		Média					

PONTO 1	259	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA	EXTERNA:	1 14500 lux	2 14800 lux
PONTO 2	288,7				
PONTO 3	185,7				
PONTO 4	488				
PONTO 5	438				
PONTO 6	416				
PONTO 7	3810				
PONTO 8	5620				
PONTO 9	4520				

	Iluminâncias	15:00			
PONTO 1	228,7	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	EXTERNA: 1 8360lux	2 8810lux	Diversidade 17,11  Uniformidade 0,18
PONTO 2	261				
PONTO 3	268				
PONTO 4	443				
PONTO 5	453				
PONTO 6	455				
PONTO 7	3130				
PONTO 8	2466				
PONTO 9	3900				
1289,41		Média			
PONTO 1	129,7	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA			
PONTO 2	127,8				
PONTO 3	112,4				
PONTO 4	158,7				
PONTO 5	220,6				
PONTO 6	311				
PONTO 7	2580				
PONTO 8	2198				
PONTO 9	3410				

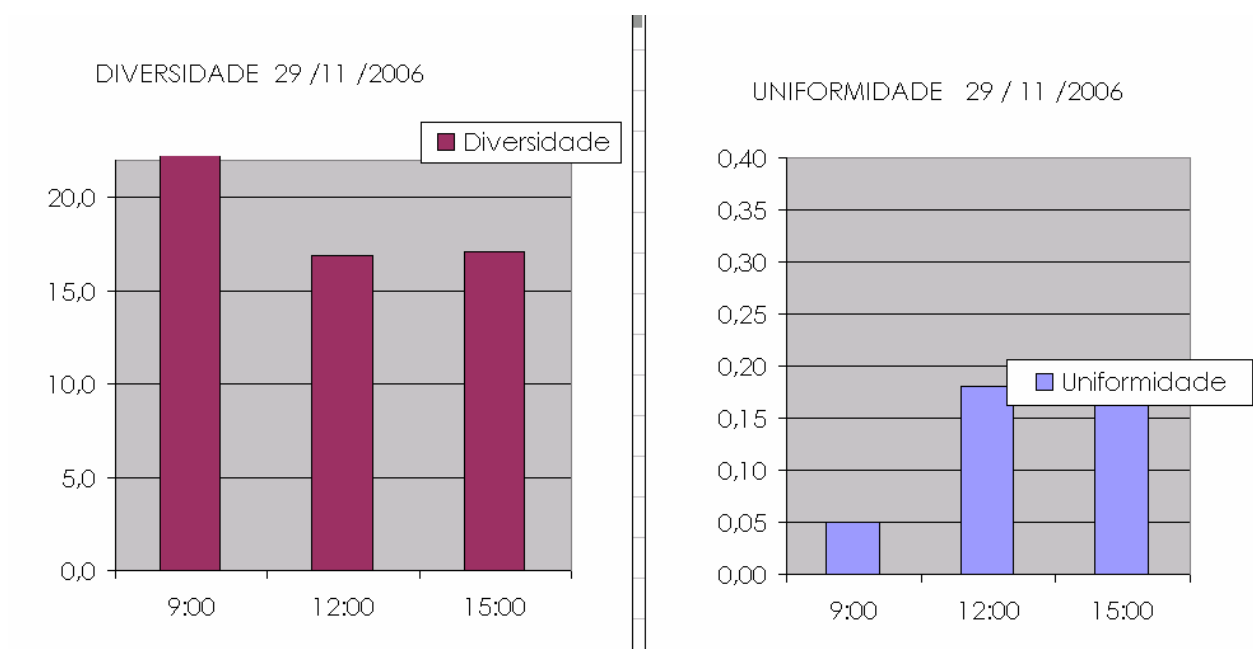


Figura 6-23: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

### **6.3.3.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE- SALA 02**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 34,77:1, excedendo a relação 5:1 recomendada por norma.

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461 (ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0,28, ou seja, 28% de uniformidade do ambiente.

### **6.3.4. SALA 08 E SALA MULTIUSO**

O acesso às salas pode ser feito através da entrada dos fundos da escola e pelo o pátio. A ligação destas com a entrada principal se faz através de uma rampa construída posteriormente ao projeto do prédio, a qual não é utilizada pelos alunos e professores por causar sensação "desagradável", segundo os usuários. (Figura 6-11)



**Figura 6-24: Rampa de acesso ao Bloco2**

Ambas abrigam alunos nos três períodos de funcionamento da escola. Construídas em alvenaria, contam com pintura interna em tinta látex na cor branca com faixa impermeável de 1,5m na cor amarelo, forro em laje com pintura látex na cor branca e piso em granilite.

Nestas salas, como em todo o prédio, o usuário não tem acesso ao controle das luminárias.

Este bloco fica isolado do bloco principal da escola e demonstrou problemas de vandalismo de forma mais acentuada que o bloco principal.



## Sala 08

As aberturas estão voltadas para NOROESTE, com vistas para o para o parquinho (recém-construído) (Figura 6-26). A sala esta protegida por varandas nos dois lados (Figura 6-27).



Figura 6-25- Sala 08 ORIENTAÇÃO - peitoril da janela



Figura 6-26: Vista da sala 08



**Figura 6-27- Sala 08 EMEF Raul Pilla**

As tabelas 6.12 e 6.13 apresentam a descrição e situação de uso das aberturas.

**Tabela 6:15- ABERTURAS - sala 08**

Tipo	Dimensões (m)	Quantidade
Basculante	3,70 x 0,70 / 2,30	02
Correr	6,75 x 2,00 / 0,8	01

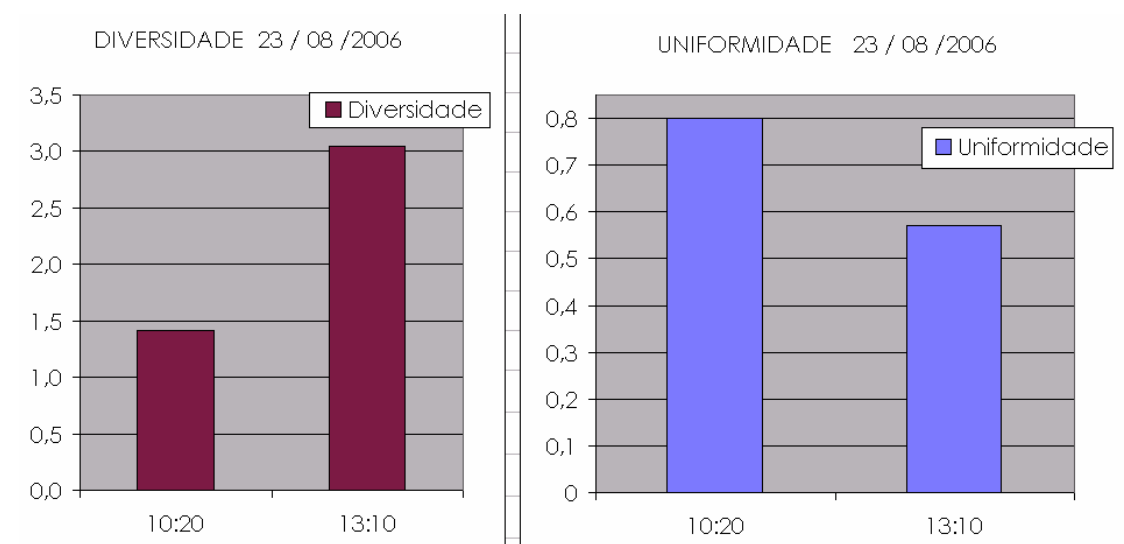
**Tabela 6:16- Proteções ( elementos de sombra)**

	Leve (translúc)	Branca (opaca)	Escura (opaca)
<b>Cortinas</b>			
<b>Persianas</b>			
<b>Brise-soleil</b>			
<b>Pint./vidro</b>			
<b>Marquises</b>			
<b>beirais</b>	2,00 m – (varandas)		
<b>Vegetação</b>			

DIA 23 DE AGOSTO DE 2006

**Tabela 6:17- Dados obtidos em medições -23 de agosto.**

Iluminâncias		10:20	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	760	LUZ ACESA	Diversidade= 1,41	
PONTO 2	704		Uniformidade= 0,80	
PONTO 3	632		EXTERNA:	
PONTO 4	540		1	2
PONTO 5	744		1741 lux	1242 lux
<b>676,00</b>		MÉDIA		
Iluminâncias		13:10	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	1424	LUZ ACESA	Diversidade= 3,05	
PONTO 2	1716		Uniformidade= 0,57	
PONTO 3	643		EXTERNA:	
PONTO 4	633		1	2
PONTO 5	1109		1591 lux	2242 lux
<b>1105,00</b>		MÉDIA		



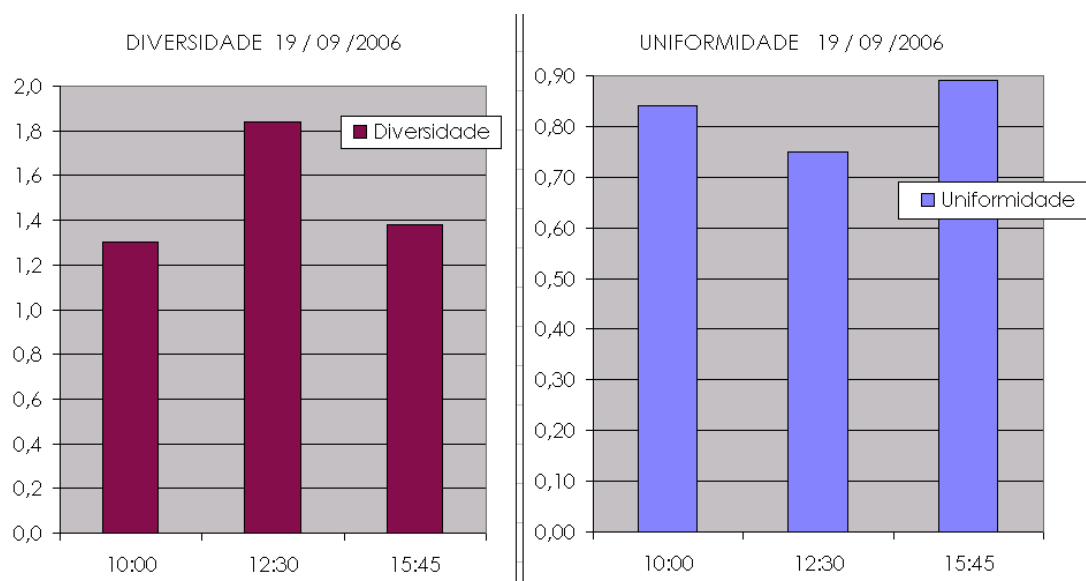
**Figura 6-28: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

Tabela 6:18- Dados obtidos em medições-19 de setembro

Iluminâncias		10:45	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	578	LUZ ACESA	Diversidade= 1,30	
PONTO 2	594			
PONTO 3	593			
PONTO 4	623		Uniformidade= 0,84	
PONTO 5	686			
PONTO 6	674			
PONTO 7	660		1	2
PONTO 8	631		1152 lux	933 lux
PONTO 9	520		3	4
			2505 lux	2002 lux
617,67		Média		

		12:45	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	870	LUZ ACESA	Diversidade= 1,84	
PONTO 2	720			
PONTO 3	680			
PONTO 4	840		Uniformidade= 0,75	
PONTO 5	900			
PONTO 6	950			
PONTO 7	1100		1	2
PONTO 8	1150		2660lux	1905lux
PONTO 9	980		3	
			4330lux	
910,00		Média		

		15:45	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	560	LUZ ACESA	Diversidade= 1,38	
PONTO 2	580			
PONTO 3	550			
PONTO 4	560		Uniformidade= 0,89	
PONTO 5	580			
PONTO 6	650			
PONTO 7	760		1	2
PONTO 8	700		1540lux	1220lux
PONTO 9	620		3	4
			3020lux	2600lux
617,78		Média		



**Figura 6-29: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

DIA 29 DE NOVEMBRO DE 2006

**Tabela 6:19- Dados obtidos em medições, dia 29 de novembro de 2006**

Iluminâncias 09:30

CÉU NUBLADO

PONTO 1

508

PONTO 2

642

PONTO 3

672

PONTO 4

661

PONTO 5

678

PONTO 6

631

PONTO 7

600

PONTO 8

584

PONTO 9

424

LUZ ACESA

EXTERNA:

1

1450 lux

2

800 lux

Diversidade= 1,60

Uniformidade= 0,71

600,00

Média

Iluminâncias 12:30

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

PONTO 1

849

PONTO 2

720

PONTO 3

665

PONTO 4

627

PONTO 5

751

PONTO 6

760

PONTO 7

664

PONTO 8

744

PONTO 9

680

LUZ ACESA

EXTERNA:

1

1850 lux

2

1200 lux

Diversidade= 1,35

Uniformidade= 0,87

717,78

Média

Iluminâncias		14:30
PONTO 1	870	LUIZ ACESA
PONTO 2	505	
PONTO 3	530	
PONTO 4	548	
PONTO 5	573	
PONTO 6	586	
PONTO 7	600	
PONTO 8	576	
PONTO 9	600	
<b>598,67</b>		Média

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 1,72

Uniformidade= 0,84

EXTERNA:

1

1200lux

2

890lux

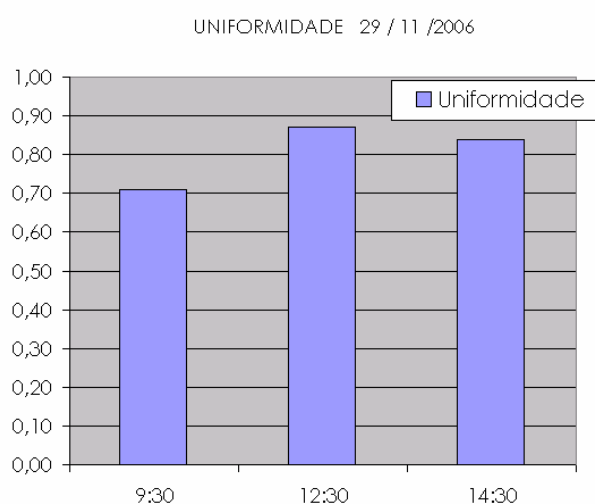
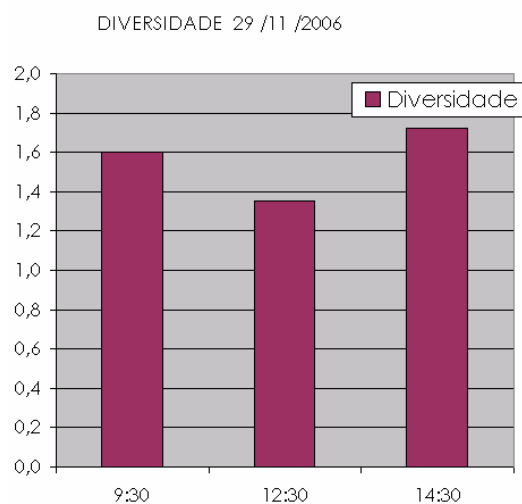


Figura 6-30: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 15 DE DEZEMBRO DE 2006

Tabela 6:20- Dados obtidos em medições -15 de dezembro.

Iluminâncias 10:00		CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	400	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 1,65
PONTO 2	448		Uniformidade= 0,69
PONTO 3	423		
PONTO 4	471		
PONTO 5	510		
PONTO 6	468		
PONTO 7	494		
PONTO 8	420		
PONTO 9	303		
437,44 MÉDIA		EXTERNA: 1 668 lux      2 455 lux	

Iluminâncias 14:30		CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	584	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 1,63
PONTO 2	601		Uniformidade= 0,76
PONTO 3	527		
PONTO 4	666		
PONTO 5	590		
PONTO 6	700		
PONTO 7	854		
PONTO 8	860		
PONTO 9	826		
689,78 Média		EXTERNA: 1 1560 lux      2 1489 lux	

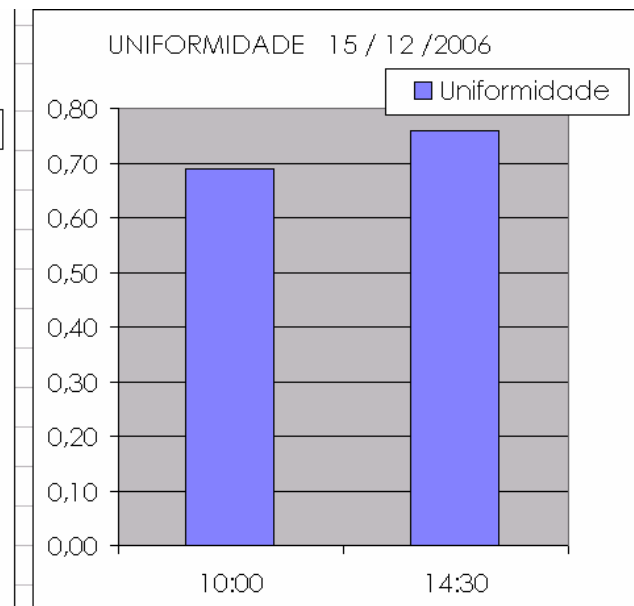
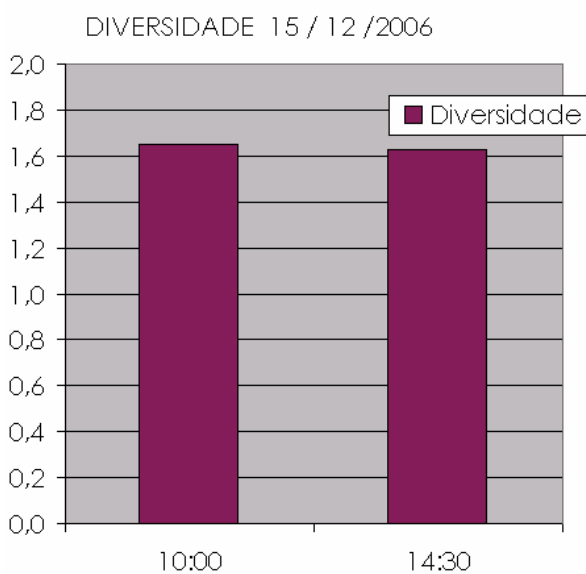


Figura 6-31: Gráficos de Diversidade e Uniformidade-15 de dezembro



#### **6.3.4.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE- SALA 08**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala atende às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 1,74 ,é inferior a relação de 5:1 recomendada por norma.

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461 (ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atende às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0, 77, ou seja, 77% de uniformidade do ambiente. Porem deve se registrar que este percentual é muito próximo ao desejável, e a sala não apresenta problemas significativos que mereçam tal reprovação.

#### **Sala Multiuso.**

As aberturas estão voltadas para SUDOESTE e NORDESTE e não permitem que o usuário tenha contato visual com o exterior, por motivo da grande altura do peitoril. A SUDOESTE têm-se árvores de grande porte com folhagem densa, que proporcionam sombra constantemente durante todo o dia. Com a distribuição uniforme de aberturas em paredes opostas pode se verificar que esta sala disponibiliza o uso de vários lay-out de mobiliário.



**Figura 6-32- Sala 01 EMEF Raul Pilla**

As tabelas 6.18 e 6.19 apresentam a descrição e situação de uso das aberturas.

**Tabela 6:21- ABERTURAS - sala multiuso**

Tipo	Dimensões (m)	Quantidade
Basculante	4,00 x 0,90 / 2,10	04

**Tabela 6:22- Proteções ( elementos de sombra)**

	Leve (translúc)	Branca (opaca)	Escura (opaca)
<b>Cortinas</b>			
<b>Persianas</b>			
<b>Brise-soleil</b>			
<b>Pint./vidro</b>	<b>X</b>		
<b>Marquises</b>			
<b>beirais</b>	1,20 m		
<b>Vegetação</b>	ARVORES DE GRANDE PORTE		

Tabela 6:23- Dados obtidos em medições -23 de agosto.

Iluminâncias		10:10	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	830	LUZ ACESA	EXTERNA: 1 77400 lux	Diversidade= 2,09
PONTO 2	555			Uniformidade= 0,68
PONTO 3	397			
PONTO 4	512			
PONTO 5	609			
580,60 MÉDIA				

Iluminâncias		13:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE	
PONTO 1	694	LUZ ACESA	EXTERNA: 1 1741 lux	Diversidade= 2,01
PONTO 2	533		2 1242 lux	Uniformidade= 0,68
PONTO 3	346			
PONTO 4	425			
PONTO 5	545			
508,60 MÉDIA				

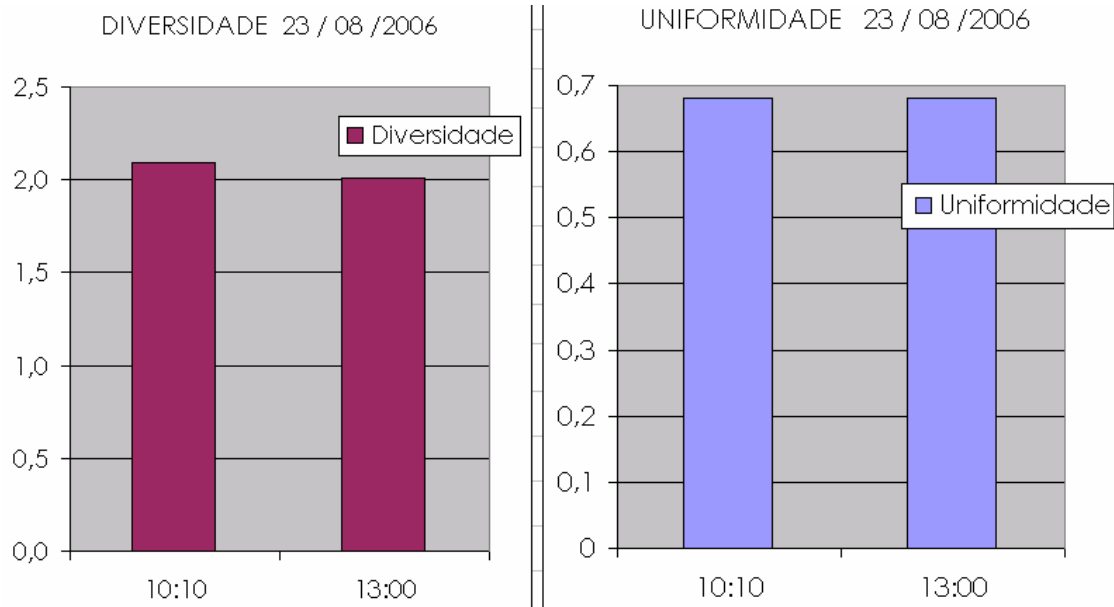


Figura 6-33: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 19 DE SETEMBRO DE 2006

Tabela 6:24- Dados obtidos em medições-19 de setembro

	Iluminâncias	10:45
PONTO 1	934	LUZ ACESA
PONTO 2	738	
PONTO 3	603	
PONTO 4	483	
PONTO 5	490	
PONTO 6	700	
PONTO 7	520	
PONTO 8	423	
PONTO 9	360	
	583,44	MÉDIA

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 2,59

EXTERNA:

1	2	Uniformidade=	0,62
83400 lux	87000 lux		
3	4		
1220 lux	1138 lux		

	Iluminâncias	12:45
PONTO 1	950	LUZ ACESA
PONTO 2	970	
PONTO 3	620	
PONTO 4	500	
PONTO 5	800	
PONTO 6	930	
PONTO 7	490	
PONTO 8	370	
PONTO 9	407	
	670,78	Média

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 2,62

EXTERNA:

1	2	Uniformidade=	0,55
130650 lux	12500 lux		
3	4		
2020 lux	1720 lux		

	Iluminâncias	15:45
PONTO 1	470	LUZ ACESA
PONTO 2	400	
PONTO 3	350	
PONTO 4	430	
PONTO 5	400	
PONTO 6	600	
PONTO 7	400	
PONTO 8	270	
PONTO 9	290	
	401,11	Média

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

Diversidade= 2,22

EXTERNA:

1	2	Uniformidade=	0,67
7890 lux	6900 lux		
3	4		
2080 lux	2600 lux		

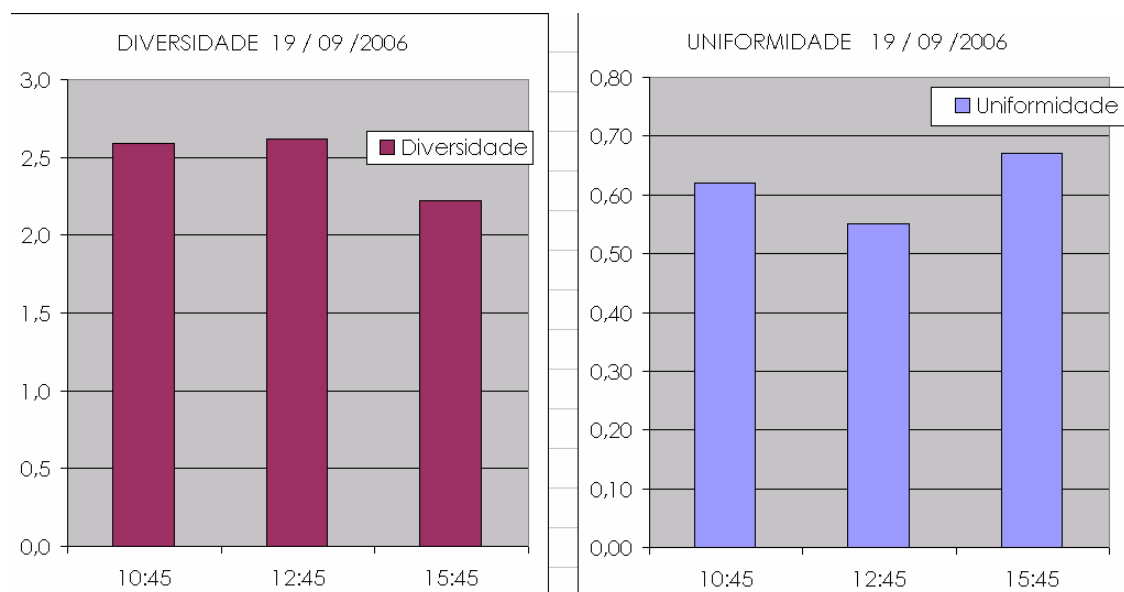
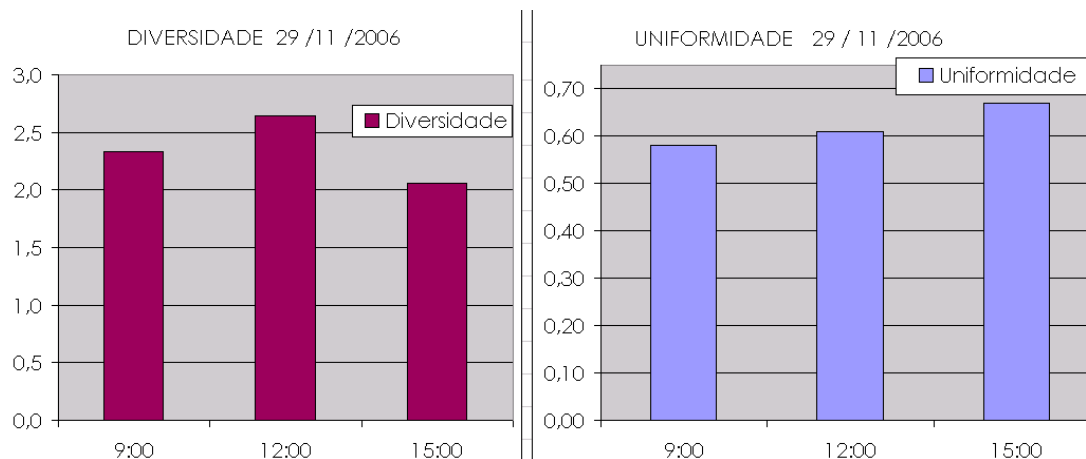
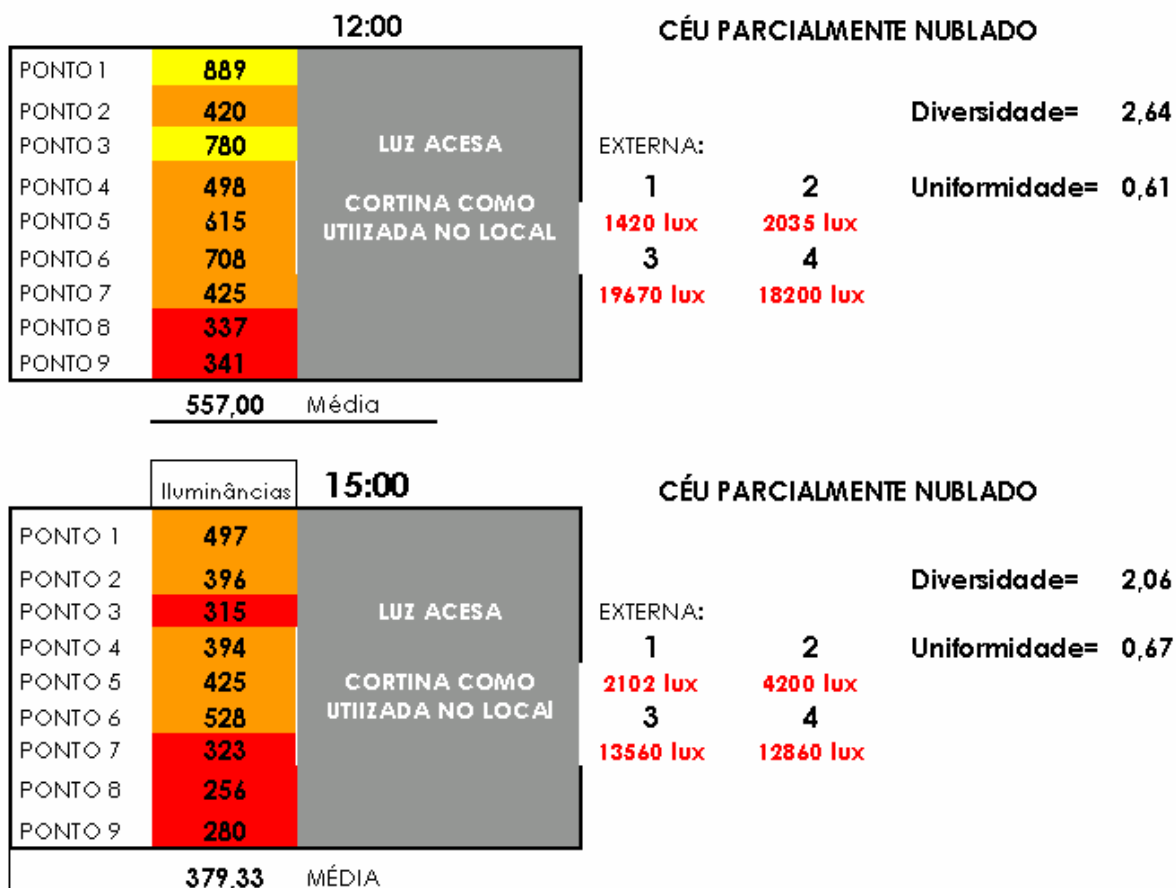


Figura 6-34: Gráficos de Diversidade e UniformidadeDIA

29 DE NOVEMBRO DE 2006

Tabela 6:25- Dados obtidos em medições, dia 29de novembro de 2006

Iluminâncias		09:00	CÉU NUBLADO			
PONTO 1	653	LUZ ACESA	1	2	Diversidade=	2,33
PONTO 2	579		1260 lux	2100 lux	Uniformidade=	0,58
PONTO 3	427		3	4		
PONTO 4	476		37400 lux	31700 lux		
PONTO 5	606					
PONTO 6	626					
PONTO 7	411					
PONTO 8	280					
PONTO 9	300					
	484,22	Média				



**Figura 6-35: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

DIA 15 DE DEZEMBRO DE 2006

Tabela 6:26- Dados obtidos em medições, dia 15de DEZEMBRO de 2006

Iluminâncias		09:30	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	425	LUZ ACESA	Diversidade= 1,72	
PONTO 2	346		Unifomidade= 0,79	
PONTO 3	304		EXTERNA:	
PONTO 4	339		1	2
PONTO 5	380		1030 lux	1390 lux
PONTO 6	480		3	4
PONTO 7	351		14890 lux	14260 lux
PONTO 8	279			
PONTO 9	280			
353,78		MÉDIA		

Iluminâncias		14:00	CÉU NUBLADO	
PONTO 1	690	LUZ ACESA CORTINA COMO UTIIZADA NO LOCAL	Diversidade= 2,18	
PONTO 2	606		Unifomidade= 0,63	
PONTO 3	458		EXTERNA:	
PONTO 4	484		1	2
PONTO 5	628		1312 lux	1632 lux
PONTO 6	533		3	4
PONTO 7	434		15030 lux	13780 lux
PONTO 8	317			
PONTO 9	345			
499,44		Média		

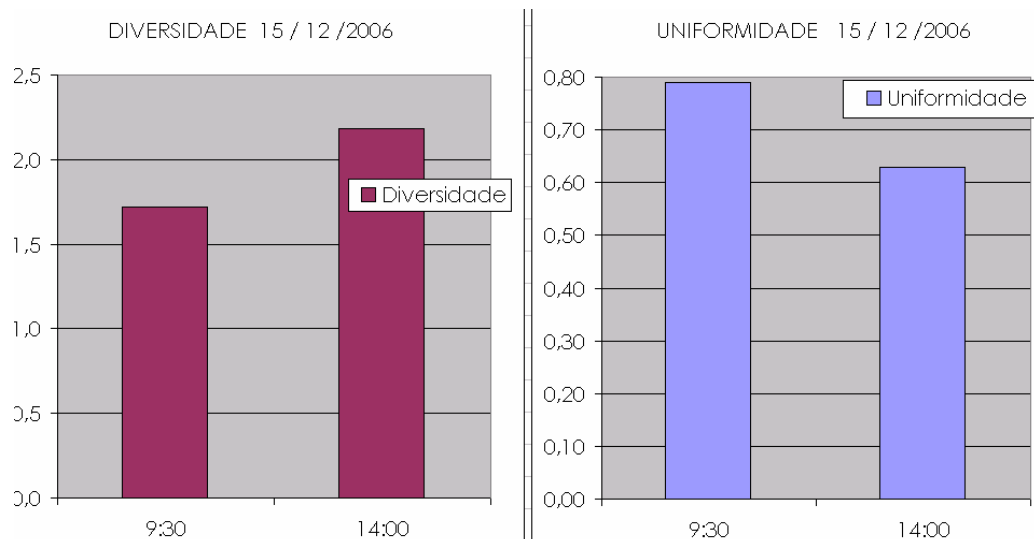


Figura 6-36: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

#### **6.3.4.2. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE-SALA MULTIUSO**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala atende às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 2,20:1 ,é inferior a relação de 5:1 recomendada por norma.

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461 (ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atende às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0,66, ou seja, 66% de uniformidade do ambiente.

Nesta sala verificou se o uso de vários arranjos de lay-out durante um mesmo dia.

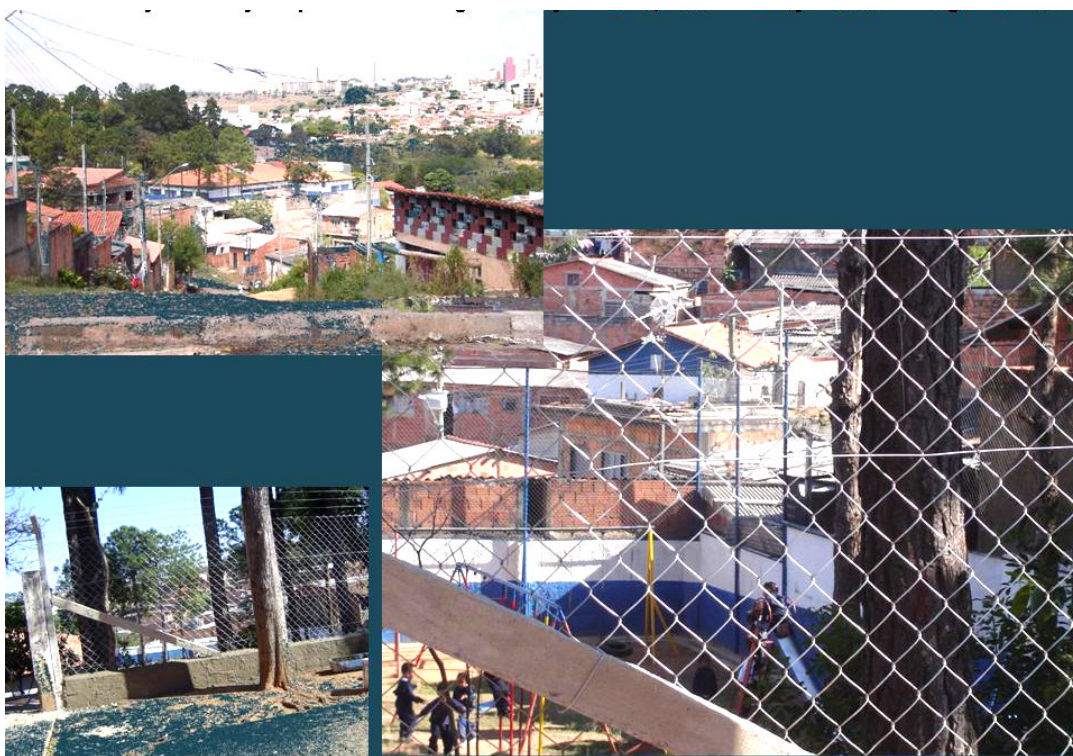


## 6.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS E.M.E.F. LORENÇO BELOQUIO.

Dados gerais e Identificação:

Localização: Rua Lucia Helena Zampieri, 340 Jd. Boa Esperança.

A escola é freqüentada por alunos de classe média baixa e baixa, sendo esta uma escola que concentra um número considerável de auxílios “bolsa - família” e “bolsa - escola” - oferecidos pelo Governo Federal - na rede municipal de Campinas.



**Figura 6-37 ENTORNO**

De acordo com as observações feitas no local e com questionários aplicados à diretoria e à professora que utiliza as salas em estudo, a escola apresenta ruas asfaltadas com iluminação pública na entrada principal. Porém

nos fundos da escola localiza-se uma favela, de onde vem boa parte dos alunos. (Figura 6-37)

O acesso das pessoas provenientes da parte central da cidade é fácil, sendo a escola bem servida por linhas de ônibus. A arborização é significativa na parte interna do lote.

A escola utiliza 08 salas de aula por período de funcionamento. No projeto inicial constam (9) nove salas como uso “sala de aula”; sendo uma delas posteriormente utilizada como biblioteca. Cada sala tem capacidade média de 30 alunos.

A implantação da escola se faz em um lote extremamente acidentado; sendo que pertence ao mesmo lote que a creche (CEMEI/EMEI). As salas de aulas estão separadas por um corredor central e foram projetadas com aberturas para o exterior e para a face interna do mesmo.



**Figura 6-38: Implantação EMEF**

As salas estão dispostas paralelamente e possuem orientação NOROESTE e SUDESTE, com as mesmas tipologias de aberturas e lay-out de

mobiliário. Desta maneira foram realizadas medidas em duas salas com orientações opostas a fim de se obter os reais dados das salas de aula em relação à iluminação natural.



**Figura 6-39:Entrada.**

O acesso às salas é feito através do corredor de circulação central do prédio, conforme se pode verificar na Figura 6 40 e 6-41.



**Figura 6-40 Corredor de salas de aula da EMEF Lorenzo Beloquio.**



As salas atendem a alunos de 5º a 8º série (11 a 15 anos) no período matutino e de 1ª a 4ª série (06 a 10 anos) no período vespertino, com capacidade máxima para 32 alunos. Construídas em alvenaria, possuem pintura interna em tinta látex na cor branca com faixa impermeável de 1,5m na cor amarelo (Figura 6-7), forro em laje com pintura látex na cor branca e piso em cerâmica vermelha.



**Figura 6-41 Sala de aula da EMEF Loreção Beloquio.**

Em toda escola o usuário tem acesso ao controle das luminárias, porém foi constatado que o uso das mesmas só é executado por professores. Não existe uma educação relativa ao uso de energia elétrica e da iluminação artificial.

As tabelas 6.27 e 6.28 apresentam a descrição e situação de uso das aberturas nas duas orientações.

**Tabela 6:27- ABERTURAS - sala 01**

<b>Tipo</b>	<b>Dimensões (m)</b>	<b>Quantidade</b>
Basculante	1,75 x 0,70 / 2,25	04
Maxim-ar	7,10 x 1,80 / 1,00	01

**Tabela 6:28- Proteções ( elementos de sombra)**

	Leve (translúc)	Branca (opaca)	Escura (opaca)
<b>Cortinas</b>			<b>X</b>
<b>Persianas</b>			
<b>Brise-soleil</b>			
<b>Pint./vidro</b>		<b>X</b>	
<b>Marquises</b>			
<b>beirais</b>	0,80 m		
<b>Vegetação</b>	ARVORES DE GRANDE PORTE		

Após o levantamento inicial as cortinas de toda escola foram trocadas conforme a Figura 6-42.



**Figura 6-42 Troca das cortinas.**

Os dados obtidos em medições foram anotados em planilhas apresentadas em seqüência, e posteriormente inseridos no programa SURFER5,

a fim de se obter as isolinhas das situações mensuradas e posteriormente compará-las com resultados de simulações no programa Relux 2005, sem iluminação artificial (Anexo3).

As medições foram realizadas nas datas apresentadas na Tabela 6.14.

**Tabela 6:29- Medições na EMF Lorenzo Beloquio**

<b>MEDIÇÕES</b>	<b>EMEF Lorenzo Beloquio</b>
INVERNO	(LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO) 6 agosto, 2006
	29 agosto, 2006
EQUINÓCIO /PRIMAVERA	26 setembro, 2006
VERÃO	27 novembro, 2006

### 6.4.1. AS SALAS DE AULAS SELECIONADAS

#### Sala 03

As aberturas estão voltadas para NORDESTE, com vistas para o muro de entrada da escola e conseqüente visão da rua. Conforme Figura6-44.



Figura 6-43- Sala 031 EMEF



DIA 29 DE AGOSTO DE 2006

**Tabela 6:30- Dados obtidos em medições dia 29 de agosto de 2006**

Iluminâncias		15:30
PONTO 1	450	LUZ ACESA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	415	
PONTO 3	450	
PONTO 4	407	
PONTO 5	562	
456,80		MÉDIA
PONTO 1	328	LUZ ACESA  CORTINA FECHADA
PONTO 2	295	
PONTO 3	255	
PONTO 4	274	
PONTO 5	235	
277,40		MÉDIA
PONTO 1	118	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	154	
PONTO 3	239	
PONTO 4	258	
PONTO 5	454	
244,60		MÉDIA

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO- PRÉ TESTE

Diversidade= 1,38

Uniformidade= 0,89

EXTERNA:

1

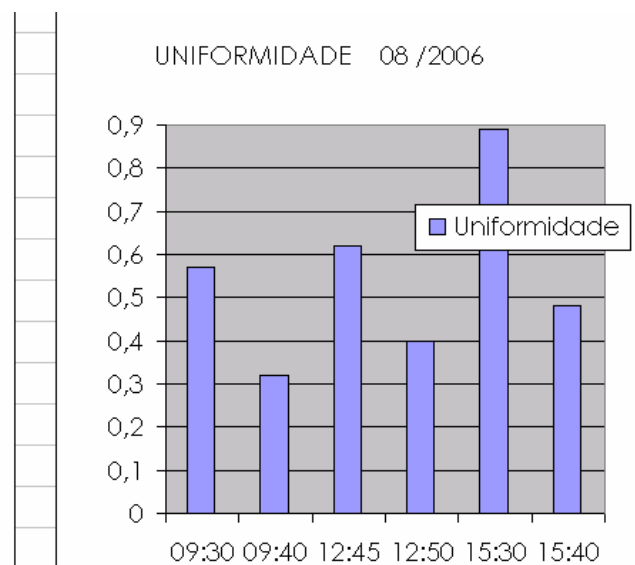
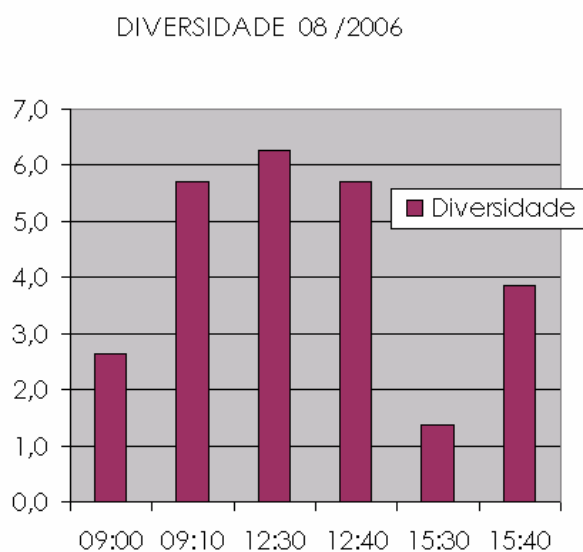
1265 lux

Diversidade= 1,46

Uniformidade= 0,83

Diversidade= 3,85

Uniformidade= 0,48



**Figura 6-44: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**



DIA 26 DE SETEMBRO DE 2006

Tabela 6:31- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006

Iluminâncias		10:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	573	LUIZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 2563 lux	Diversidade= 1,77
PONTO 2	525			
PONTO 3	542			
PONTO 4	605			
PONTO 5	600			
PONTO 6	578			Uniformidade= 0,77
PONTO 7	880			
PONTO 8	900			
PONTO 9	930			
681,44		MÉDIA		
PONTO 1	225	LUIZ APAGADA CORTINA ABERTA		Diversidade= 4,13
PONTO 2	270			
PONTO 3	264			
PONTO 4	256			
PONTO 5	440			Uniformidade= 0,47
PONTO 6	365			
PONTO 7	855			
PONTO 8	671			
PONTO 9	930			
		14:15	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	210	LUIZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 1200 lux	Diversidade= 16,76
PONTO 2	216			
PONTO 3	188			
PONTO 4	340			Uniformidade= 0,20
PONTO 5	300			
PONTO 6	305			
PONTO 7	3150			
PONTO 8	1350			
PONTO 9	2240			
922,11		Média		

PONTO 1	290	LUI ACESA CORTINA FECHADA
PONTO 2	270	
PONTO 3	228	
PONTO 4	360	
PONTO 5	400	
PONTO 6	430	
PONTO 7	100	
PONTO 8	320	
PONTO 9	710	
PONTO 1	168	LUI APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	177	
PONTO 3	185	
PONTO 4	248	
PONTO 5	220	
PONTO 6	171	
PONTO 7	310	
PONTO 8	320	
PONTO 9	457	
250,67		Média

Diversidade= 2,72

Uniformidade= 0,67

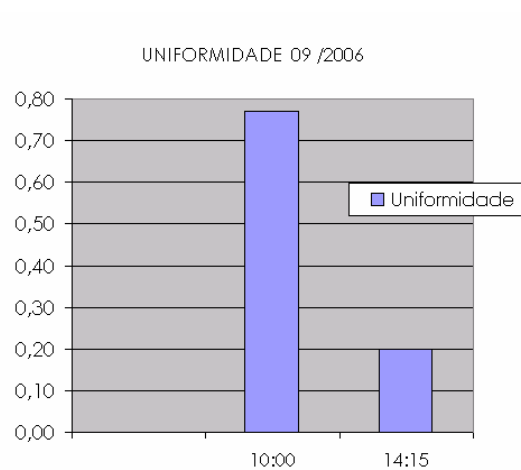
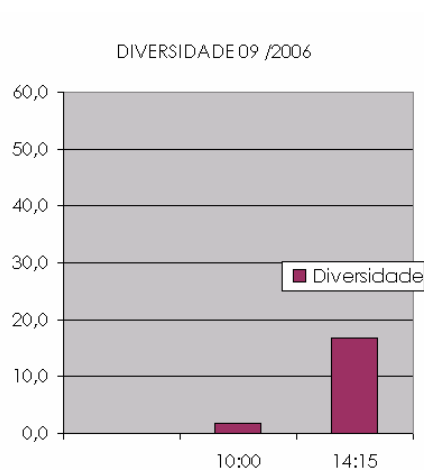
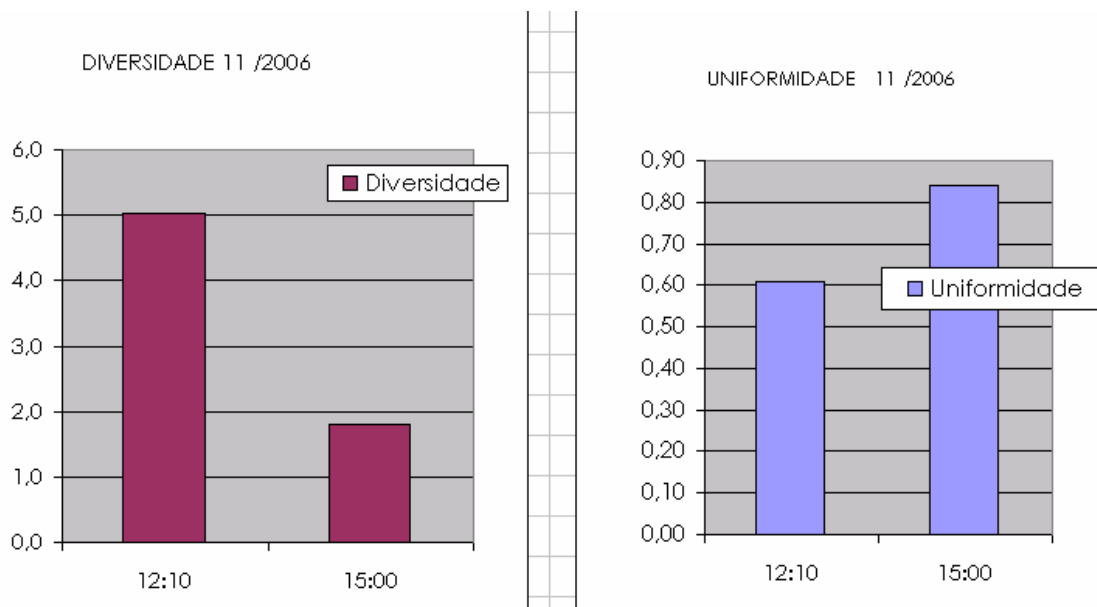


Figura 6-45: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 27 DE NOVEMBRO DE 2006

Tabela 6:32- Dados obtidos em medições, dia 27 de novembro de 2006

Iluminâncias		12:10	CÉU NUBLADO	
PONTO 1	409	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 5,03	
PONTO 2	420			
PONTO 3	377			
PONTO 4	445			
PONTO 5	640			
PONTO 6	525			
PONTO 7	397			
PONTO 8	1895			
PONTO 9	430			
615,33		Média		
PONTO 1	104	LUZ APAGADA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL		
PONTO 2	138			
PONTO 3	101			
PONTO 4	185			
PONTO 5	325			
PONTO 6	218			
PONTO 7	186			
PONTO 8	2022			
PONTO 9	220			
Iluminâncias		15:15	CÉU NUBLADO	
PONTO 1	385	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL	Diversidade= 1,81	
PONTO 2	321			
PONTO 3	330			
PONTO 4	357			
PONTO 5	340			
PONTO 6	343			
PONTO 7	385			
PONTO 8	390			
PONTO 9	580			
381,22		Média		
PONTO 1	27,2	LUZ APAGADA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL		
PONTO 2				
PONTO 3				
PONTO 4				
PONTO 5				
PONTO 6				
PONTO 7				
PONTO 8				
PONTO 9	65			



**Figura 6-46: Gráficos de Diversidade e Uniformidade**

#### **6.4.1.1. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE- SALA 03**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala não atende às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 24,9:1 ,é muito superior a relação permitida por norma.

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461(ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atende às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0, 48, ou seja, 48% de uniformidade do ambiente.

## Sala 08

As aberturas estão voltadas para o interior da escola com vistas para o patio interno .

A iluminação artificial é utilizada a fim de se reduzir a interferência da cor produzida pela cortina, visto que a lâmpada com temperatura de cor fria tende a amenizar os efeitos de cor produzidos pela cortina. A questão da diversidade e uniformidade só tem parâmetros aceitáveis quando utilizada a iluminação artificial. A grande diferença entre o período da manhã e tarde é claramente detectada pelas Figuras 6-48.

Esta sala é um exemplo claro onde a iluminação artificial durante o dia não é utilizada por necessidade de quantidade no nível de iluminação e sim por necessidade da qualidade na iluminação.



Figura 6-47- Sala 08 EMEF

DIA 29 DE AGOSTO DE 2006

Tabela 6:33- Dados obtidos em medições dia 29 de agosto de 2006

Iluminâncias		10:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO		
PONTO 1	675	LUZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 2 104000 lux 12400 lux	Diversidade= 3,09	
PONTO 2	750			Uniformidade= 0,59	
PONTO 3	2087				
PONTO 4	1340				
PONTO 5	833				
1137,00		Média			
PONTO 1	461	LUZ ACESA CORTINA FECHADA			
PONTO 2	427				
PONTO 3	383				
PONTO 4	438				
PONTO 5	480				
Iluminâncias		12:40	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO		
PONTO 1	604	LUZ ACESA CORTINA ABERTA	EXTERNA: 1 2 44600 lux 67500 lux	Diversidade= 11,39	
PONTO 2	512			Uniformidade= 0,22	
PONTO 3	990				
PONTO 4	3890				
PONTO 5	5830				
2365,20		Média			
PONTO 1	333	LUZ ACESA CORTINA FECHADA			
PONTO 2	193				
PONTO 3	370				
PONTO 4	723				
PONTO 5	830				
PONTO 1	102	LUZ APAGADA CORTINA FECHADA			
PONTO 2	135				
PONTO 3	282				
PONTO 4	410				
PONTO 5	682				
PONTO 1	163	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA			
PONTO 2	184				
PONTO 3	395				
PONTO 4	3820				
PONTO 5	5320				

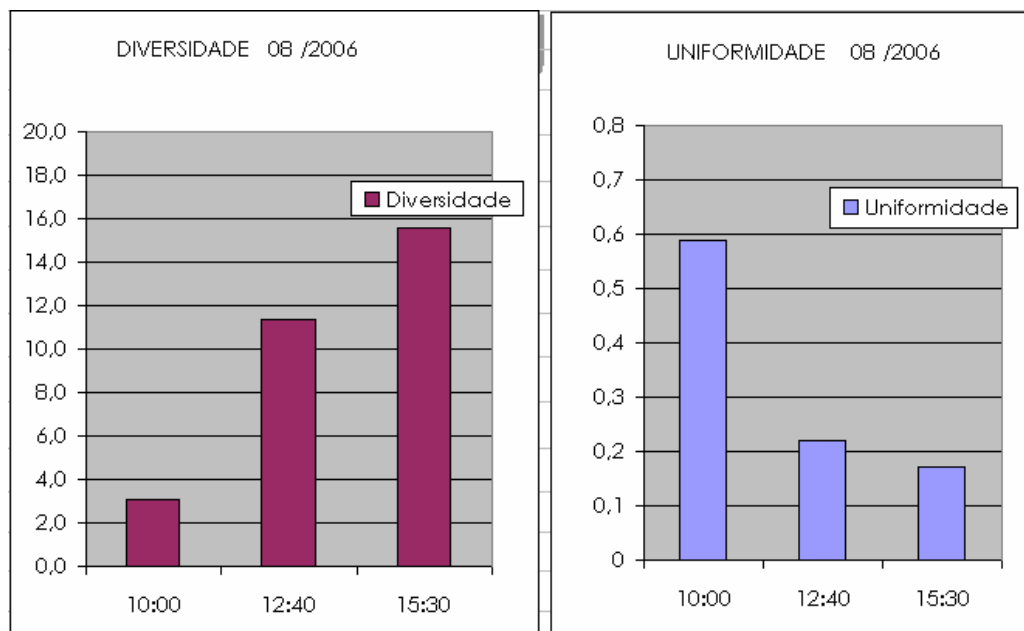


Figura 6-48: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 26 DE SETEMBRO DE 2006

Tabela 6:34- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006

Iluminâncias		10:00	CÉU PARCIALMENTE NUBLADO	
PONTO 1	573	LUZ ACESA CORTINA ABERTA EXTERNA: 1 2563 lux	Diversidade=	1,77
PONTO 2	525		Uniformidade=	0,77
PONTO 3	542			
PONTO 4	605			
PONTO 5	600			
PONTO 6	578			
PONTO 7	880			
PONTO 8	900			
PONTO 9	930			
	681,44	MÉDIA		
PONTO 1	225	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA	Diversidade=	4,13
PONTO 2	270		Uniformidade=	0,47
PONTO 3	264			
PONTO 4	256			
PONTO 5	440			
PONTO 6	365			
PONTO 7	855			
PONTO 8	671			
PONTO 9	930			

14:45

CÉU PARCIALMENTE NUBLADO

PONTO 1	625	LUZ ACESA  CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL
PONTO 2	605	
PONTO 3	465	
PONTO 4	565	
PONTO 5	779	
PONTO 6	730	
PONTO 7	1380	
PONTO 8	1260	
PONTO 9	850	

806,56

Média

EXTERNA:

1

67200 lux

2

59400 lux

Diversidade= 2,97

Uniformidade= 0,58

PONTO 1	270	LUZ APAGADA  CORTINA FECHADA
PONTO 2	260	
PONTO 3	235	
PONTO 4	390	
PONTO 5	503	
PONTO 6	401	
PONTO 7	1150	
PONTO 8	1280	
PONTO 9	720	

578,78

Média

Diversidade= 5,45

Uniformidade= 0,41

PONTO 1	620	LUZ APAGADA  CORTINA ABERTA
PONTO 2	660	
PONTO 3	480	
PONTO 4	820	
PONTO 5	1064	
PONTO 6	990	
PONTO 7	54000	
PONTO 8	16190	
PONTO 9	47300	

13569,33

Média

Diversidade= 112,50

Uniformidade= 0,04



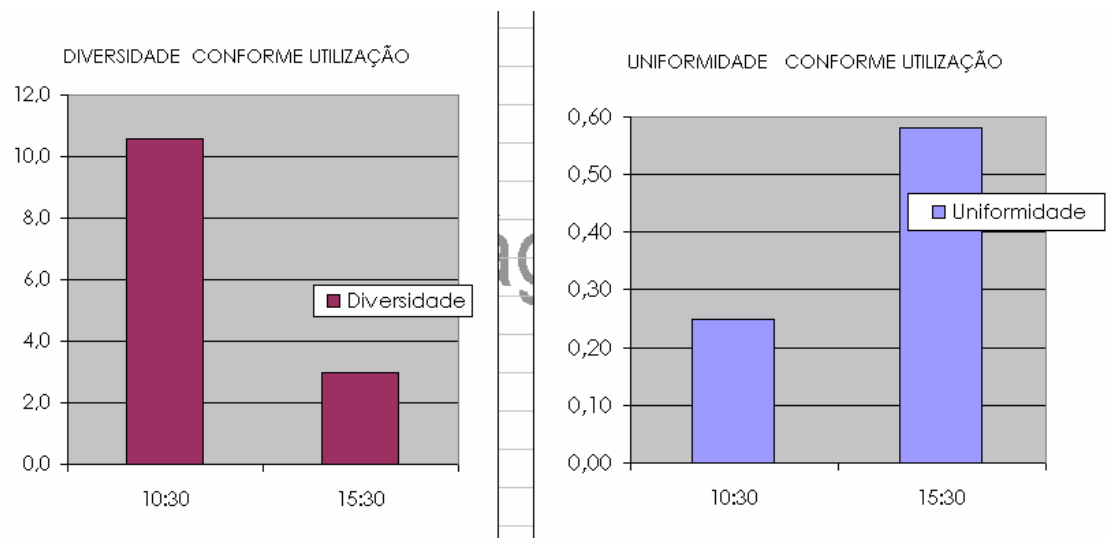


Figura 6-49: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

DIA 27 DE NOVEMBRO DE 2006

Tabela 6:35- Dados obtidos em medições, dia 26 de setembro de 2006

Iluminâncias 10:00			Luz	Cortina	Média
PONTO	Iluminância	Iluminância			
PONTO 1	380	85	ACESA	UTILIZADA	434,78
PONTO 2	280	75			
PONTO 3	270	50			
PONTO 4	320	90			
PONTO 5	506	230	APAGADA	UTILIZADA	434,78
PONTO 6	430	124			
PONTO 7	500	223			
PONTO 8	870	703			
PONTO 9	357	151			

Diversidade= 3,22

Uniformidade= 0,62

	Illuminâncias	12:00
PONTO 1	390	LUZ ACESA CORTINA COMO UTILIZADA NO LOCAL
PONTO 2	400	
PONTO 3	360	
PONTO 4	607	
PONTO 5	550	
PONTO 6	480	
PONTO 7	1000	
PONTO 8	2225	
PONTO 9	1450	

Diversidade= 6,18

Uniformidade= 0,43

	829,11	Média
PONTO 1	170	LUZ APAGADA CORTINA ABERTA
PONTO 2	197	
PONTO 3	219	
PONTO 4	450	
PONTO 5	305	
PONTO 6	246	
PONTO 7	1512	
PONTO 8	2720	
PONTO 9	1170	

Diversidade= 16,00

Uniformidade= 0,22

776,56 Média

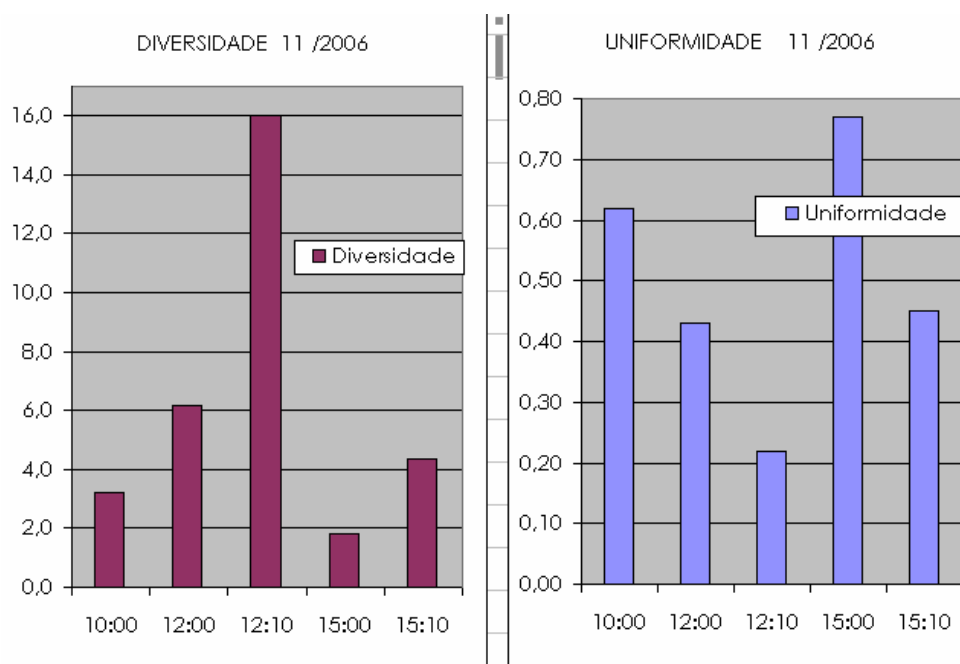
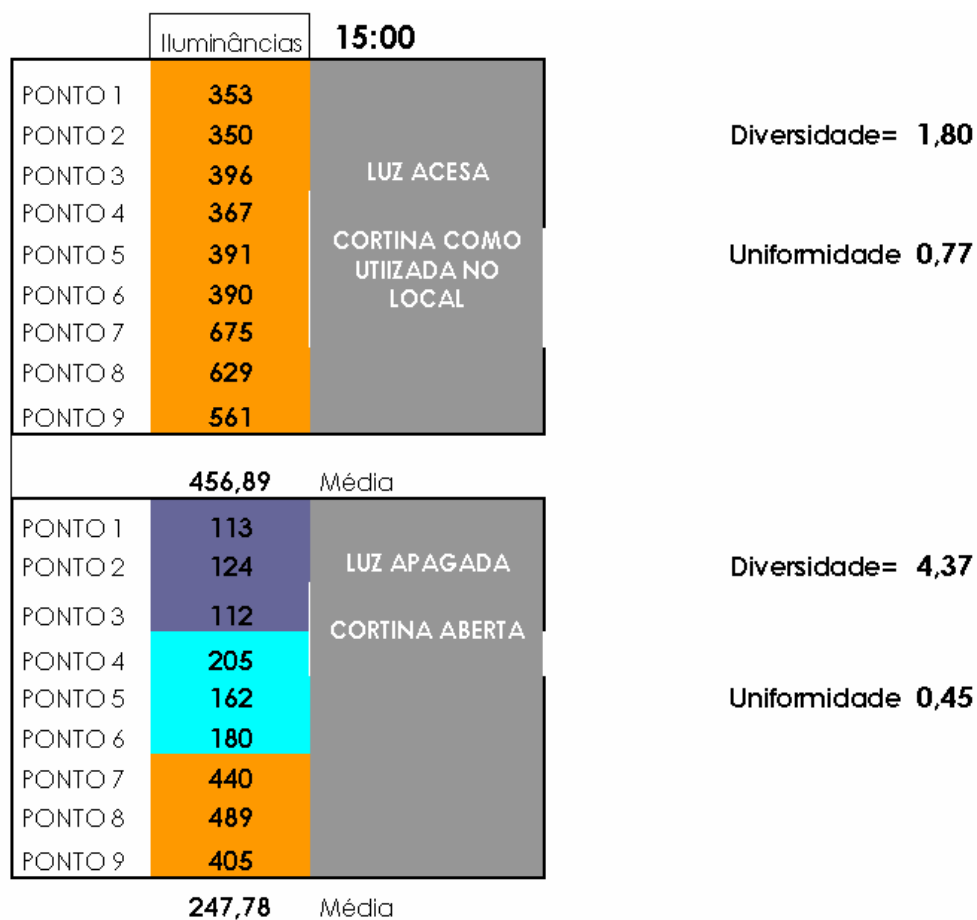


Figura 6-50: Gráficos de Diversidade e Uniformidade

#### **6.4.1.2. DIVERSIDADE E UNIFORMIDADE- SALA 08**

A diversidade de iluminância; na NBR 5461. (ABNT, 2003) recomenda que o seu valor não, pois, caso contrário, existirá dois valores de iluminância muito distantes, podendo assim, provocar ofuscamento.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito diversidade, na média atingiu 11,27:1, excedendo a relação 5:1 recomendada por norma.

A questão uniformidade de iluminância; pela NBR 5461 (ABNT, 2003) é estabelecido que o valor não deva ser inferior a 0,8; ou seja, o valor mínimo encontrado em um ambiente deve ser superior ou igual a 80% do valor encontrado para a iluminância média.

A sala não atendeu às exigências da Norma no quesito uniformidade, na média atingiu 0,41, ou seja, 41% de uniformidade do ambiente.

# 7. CAPÍTULO

## 7. CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo geral responder ao questionamento: Qual é a eficiência luminosa das tipologias de aberturas nas salas de aulas adotadas nas escolas municipais de Campinas, SP, a fim de racionalizar o uso da iluminação artificial durante o dia?

Uma análise final dos resultados obtidos revela que os ambientes físicos para o ensino de escolas municipais da região de Campinas apresentam qualidade e nível de conforto visual mínimo, mas que podem ser considerados aceitáveis em relação a vários aspectos. Destaca-se a falta de manutenção como um grave fator para degradação do ambiente, e conseqüente uso inadequado do mesmo. Com destaque a pesquisa observou poucas ações na relação entre o uso racional da energia elétrica e o uso da iluminação natural. Não se faz claro para o usuário que a energia solar faça parte de uma edificação.

Constatou-se que os valores encontrados referentes à uniformidade de iluminância, critério presente na Norma Brasileira, foram insatisfatórios: nenhuma unidade avaliada atendeu a esse critério; mesmo nos ambientes que apresentam uma iluminância média adequada, a distribuição é irregular.

As aberturas somente se mostram eficientes quando projetadas como parte integrante do projeto e não simplesmente como anexos finais as paredes

As salas que possuem aberturas bilaterais com varandas também em ambos os lados foram o melhor exemplo encontrado no raciocínio de projeto para eficiência luminosa das aberturas. As mesmas, protegidas por varandas, apresentam um equilíbrio na iluminação, e não foram encontrados problemas de ofuscamento em lousa, o que fica claro quando se observa a ausência de cortinas nas mesmas.

O aumento e a melhor distribuição do nível de iluminação dependem principalmente da cor das paredes internas, do teto e piso e dos móveis dos ambientes. A troca de luminárias ou de sua localização afeta a iluminação artificial e pode melhorar aspectos do conforto visual. O controle da insolação direta no interior das salas é mais um fator que contribui para a não ocorrência de ofuscamento e o controle de claridade excessiva próximo às janelas. A distribuição das áreas de iluminação, janelas, nos ambientes, o formato destes e a cor utilizada nas paredes e teto, são aspectos a serem considerados quanto à uniformidade da iluminação natural. A ausência de iniciativas por parte dos usuários também pode prejudicar os níveis de iluminação, como cortinas permanentemente fechadas, além de situações com vidros das janelas pintados, manutenção precária da área envidraçada e da vegetação próxima. Os problemas detectados em relação ao conforto visual na sua maioria têm atenuação acessível, sem grandes despesas. Melhorias na

iluminação artificial e manutenção das luminárias são soluções simples para o complemento da iluminação natural, mas com pouca eficiência energética.

Após as primeiras medições, criaram-se situações de estímulo para interferência do usuário. As luzes foram apagadas durante o intervalo, e ao retornarem mesmo sem necessidade foram acesas. Questionadas posteriormente, sobre tal procedimento, algumas professoras não sabiam como responder tal questão.

A única exceção foi notada com duas professoras que haviam recentemente passado por um programa de treinamento feito pela CPFL, em conjunto com a Prefeitura, de conscientização do uso de energia em escolas.

No decorrer da análise, a metodologia utilizada permitiu a comparação entre as respostas obtidas dos usuários, as normas e a avaliação técnica para a exigência de conforto luminoso, tendo sido possível constatar que o comportamento do usuário em termos de conforto ambiental ainda não se encontra muito definido, principalmente em termos de conforto luminoso, apesar da luz ser tão fundamental no dia a dia. A interação dos usuários com as janelas não é parte do seu cotidiano.

O país possui condições de céu, em geral, favoráveis ao uso da iluminação natural. No verão, ao meio-dia observa-se uma média de iluminância em torno de 100.000 lux, e no inverno, no mesmo horário, 70.000 lux, valores que podem suprir, em grande parte, as necessidades de iluminação durante o dia, representando uma economia significativa decorrente da menor necessidade de iluminação artificial. Portanto, seria fundamental a criação de normas brasileiras sobre o uso da luz natural nas edificações, dentro de uma perspectiva de melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis para a sustentabilidade do ambiente construído.

Na EMEF Lorenço Beloquio fica a real colocação de que “quantidade não é qualidade” em iluminação. As salas possuem um bom nível de iluminação, porém as luzes permanecem acesas a fim que a temperatura de cor fria das lâmpadas fluorescente amenize a sensação desagradável gerada pelas cortinas (cor rosa). Fica claro que o nível de iluminação não pode ser avaliado isoladamente quando o ambiente envolver a questão ensino. A relação usuário ambiente se faz mais importante dentro da sala de aula do que a própria variação na quantidade de iluminação.

A inserção de alunos de 06 anos de idade no corpo discente das EMEFs tem mudado a posturas de diretores no que se diz respeito às aberturas, colocando em alta a discussão da questão da segurança física destas crianças menores e da relação que estas necessitam com o exterior.

Le Corbusier dizia que "se as verdades elementares da arquitetura fossem ensinadas na escola primária, poderiam constituir o fundamento de uma educação doméstica que resultaria na formação de gerações possuidoras de uma concepção saudável da moradia". Isto significa que os ensinamentos sobre o espaço habitável poderiam estar mais próximos da vivência individual, resultando em um melhor entendimento dos meios e recursos que a arquitetura pode proporcionar para o bem estar do homem.

Os resultados obtidos nessa pesquisa visam realimentar o ciclo de produção e uso de salas de aulas da rede municipal de ensino, buscando aperfeiçoar os projetos de reforma e o desenvolvimento de projetos futuros, referentes a iluminação natural, alertando sobre a importância de se considerar em conjunto os aspectos de conforto ambiental.

O levantamento da real situação faz com que projetistas possam refletir e não repetirem os problemas. A necessidade de pensar os projetos de



abertura em conjunto com o projeto da edificação escolar se faz clara. As variáveis de projeto devem ser avaliadas por especialistas, sendo necessária a averiguação de resultados das avaliações dos ambientes existentes e de simulações através da criação de protótipos ou mesmo simulações computacionais.

Um ambiente cuja utilização interfere na formação de uma sociedade não pode ser visto como um projeto corriqueiro sem conseqüências maiores. Merece, sim, destaque e sérios investimentos.

## 8 . BIBLIOGRAFIA

### 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- . Determining daylighting parameters by a luminance mapping system and scale models □ **Journal of the Illuminating Engineering Society**, New York, NY, USA , v. 23, n. 1, p. 65-75, 1994.
- . Need for standard skies and models for energy conservation measures □ **Lighting Research & Technology**, London, Engl, v. 26, n. 4, p. 171-180, 1994.
- ABILUX. **Uso racional de energia elétrica em edificações - Iluminação**. Rio de Janeiro: PROCEL: Agência para aplicação de energia, 1991.
- AIA – **American Institute of Architects**. Disponível em <http://www.aia.org.br>. Acesso em julho de 2006.
- ALBUQUERQUE, A. **Insolação: Orientação e largura das ruas, altura dos edifícios**. □ São Paulo : O Estado de S.Paulo, 1917. (Secção de obras d'O estado de S.Paulo.)
- ALEXANDER, C; ISHIKAWA, S; SILVESTEIN, M. **A Pattern language: Towns, buildings, Constructions**. New York, Oxford University Press, 1977.

- ALUCCI, M.; LONGO, C. C.; INUE, M. M. **Banco de Dados: características térmicas, luminosas e acústicas de vidros e plásticos translúcidos** São Paulo , 2001. www.usp.br/fau. Acesso em: 10/07/2005.
- ALUCCI, M.P. **Mais iluminação natural, com menor consumo de energia. Qualidade na construção**, São Paulo, nº24, ano III, p.40-45, 2000.
- ALVAREZ, A. C. A. **Procedimentos para Análise e Avaliação da Iluminação em Ambientes Escolares.** In: VI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: ANTAC, Rio de Janeiro. **Anais.** , 1995. p. 587-592.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook of Fundamentals** New York: ASHRAE, 1981.
- ANDER, GREGG D. **Daylighting performance and design** □ New York : Van Nostrand Reinhold, 1995. 241 p.
- ARAÚJO A. P. R., **O conforto ambiental no planejamento da qualidade dos ambientes escolares: estudo de caso do Colégio Sagrado Coração de Maria** In: II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO e V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais. Fortaleza, /CE/ p. 83 resumo, CD. 1999.
- ARAÚJO, LETÍCIA SANTOS MACHADO DE. **Avaliação durante operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares** Campinas, SP, 2004. 374 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998) **NBR 5461:1991** - Iluminação: Terminologia.  
 \_\_\_\_\_ Projeto 02:135. 02-001:1998 Iluminação natural -  
 Parte 1: Conceitos básicos e definições.  
 \_\_\_\_\_ Junho 1999 Projeto 02:135. 02-002-Iluminação  
 natural - Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da  
 disponibilidade de luz natural.  
 \_\_\_\_\_ Junho 1999 Projeto 02:135. 02-003-Iluminação  
 natural - Parte 3: Procedimento de Cálculo para a Determinação da  
 Iluminação Natural em Ambientes Internos.  
 \_\_\_\_\_ Projeto 02:135. 02-004:1998 Iluminação natural -  
 Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de  
 edificações. Método de ensaio
- ATEM, C. G.; **Apropriação e eficiência dos dispositivos de proteção solar utilizados na arquitetura moderna: o caso de Londrina (PR).** São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP São Carlos. 2003.

- BAKER N. ; STEEMERS K.; **Daylight Design of Buildings**. London: James e James. 2001
- BAKER; N.A. FANCHIOTTI; K. STEEMERS . **Daylighting in architecture : a European reference book** □ London : James & James, 1993. (ukmarc 910 20 Commission of the European Communities Directorate-General Science, Research and Development See Commission of the European Communities Directorate-General for Science.)
- BALACHANDRA, M. **Knowledge-based optimum design. Topics in engineering. Southampton e Boston:** C.A. Brebbia e J.J.Connor, 1996. 165 p. (Computational Mechanics Publications. V.10). ISSN 0952-5300.
- BARKER, R., GUMP, P. V. **Big School, Small School, High Scholl Size and Student Behavior**. Stanford, California, Stanford University Press, 1964.
- BARNABÉ, PAULO MARCOS MOTTOS. **A poética da luz natural na obra de Oscar Niemeyer** □ São Paulo : faculdade de arquitetura e urbanismo da universidade de sao paulo , 2000. 226 p. (Dissertação - Mestrado.)
- BARROSO-KRAUSE, C. **Ciência e concepção arquitetônica. Reintegrando tecnologia e arquitetura**. In: Rio Vicente Del (Org). Arquitetura Pesquisa & Projeto. São Paulo: ProEditores, 1998. Parte I, p.37-53.
- BAYER, C, HENDRY, R, CROW, S, et al. **The Relationship between Humidity and Indoor AirQuality in Schools**. In: Proceedings of Indoor Air 02, Monterey, CA, Vol II, pp. 818 – 823, 2002.
- BECKETT,H.E.;& GODFREY,J.A. **Ventanas. Función,diseño e instalación** Barcelona : Gustavo Gili, 1978.
- BIJOU, S.W.; BAER, D.M., *O Desenvolvimento da Criança - Uma análise comportamental*. Trad. Rachel R. Kerbauy, São Paulo, EPU, 1980.
- BITTENCOURT, L.; et al. **Efeito de protetores solares verticais e horizontais na ventilação natural de salas de aula do 2º grau**. In: ENCAC - III ENCONTRO NACIONAL: I ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais... Gramado, /RS/ pág. 383-388. 1995.
- BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H. **Le corbusier 1910-65** □ ; [tradução Eduardo Juan] 1 ed. Barcelona : Gustavo Gili, 1971.
- BOGO, A.J.; VOSS, M. **Avaliação do Conforto Ambiental e de Sustentabilidade em edificações escolares: aspectos negativos encontrados**. In: ENCAC - ENCONTRO NACIONAL e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...2001.
- BORMANN,OTO ROBERTO. **Iluminação Natural em Salas de Aulas e Escritórios com o uso de Prateleiras de Luz**. Curitiba , 2003. 140 f. Dissertação de

Mestrado - Centro Federal de educação Tecnológica do Paraná, CEFET / PR.

BRANDÃO, RAFAEL S. **Acesso ao sol e a Luz Natural** □ São Paulo , 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BRANDÃO,C.A.L. **A formação do homem moderno vista através da arquitetura** □ Belo Horizonte: Edit.UFMG, 1999.

BRASKEM. **Esquadrias de PVC.** □ São Paulo , 2003. Pro Editores Associados.

BROADBENT, G. *Design in architecture*. London: Wiley, 1973.

BRUAND, Yves., **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1991.

Building Schools for the future. Disponível em [www.bsf.gov.uk](http://www.bsf.gov.uk)..

CAMARGO, P. de. **Escolas Estaduais terão Mudanças na Arquitetura em 92**, em O Estado de São Paulo, Geral, 15 de Nov., 1991, pp. 12.

CAMPELLO, C. e ENGELSBERG, V., **Vandalismo em Escolas Públicas**, anais de ENTAC, 1993, pp 779-784.

CAÑAS, I.; MARTÍN,S. **Study of the thermal behaviour of a reused rural building**. In Plea,2004

CARAM DE ASSIS, ROSANA MARIA. **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**. Campinas, SP, 1998. 166 f. Tese Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

CARAM DE ASSIS, ROSANA MARIA. **Estudo e caracterização de fachadas transparentes para uso na arquitetura: ênfase na eficiência energética**. São Carlos,SP, 2002. Tese Livre-Docência - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CEFPI – The School Building Association. Disponível em [www.cefpi.org](http://www.cefpi.org). Acessado em julho de 2006.

CHAKRABARTY, B.K. **Optimal design of multifamily dwelling development systems**. Building and environment, v.31, 1,p.67-74, jan, 1996.

CHING, FRANCIS D. K. **DICIONÁRIO VISUAL DE ARQUITETURA** □ São Paulo : Martins Fontes, 2000.

CHPS – The Collaborative for High Performance Schools. Disponível em <http://www.chps.net/>. Acessado em julho de 2006

CHVATAL, K. M. S. **A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para projeto de edificações adequadas ao clima.** Campinas, SP, 1998. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

CONESP, Companhia de Construção Escolas do Estado de São Paulo. **Especificações escolares 1º Grau.** Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Estado dos Negócios da Educação. Fevereiro de 1977.

CORRÊA, M. E. P.; MELLO, M. G. de; NEVES, H. M. V., **Arquitetura Escolar Paulista 1890 - 1920.** São Paulo, FDE, 1991.

D'AMICO, F.C. (2000) **Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos:** *Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual* <<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/afcel.html>>.

Design Share Home. Disponível em [www.designshare.com/index.php/home](http://www.designshare.com/index.php/home). Acessado em julho de 2006.

DÜLGEROGLU, Y. *Design Methods Theory & Its Implications for Architectural Studies. Design Methods: Theories, Research, Education and Practice*, Califórnia, v.33;n.3; p. 2870-2879. Jul-Sep, 1999.

DUTRA, LUCIANO. **Uma Metodologia para a determinação do fator Solar desejável em aberturas** Florianópolis,SC, 1994. 116 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

DUTRA, LUCIANO; LAMBERTS, ROBERTO; PEREIRA, FERNANDO R. **DETERMINAÇÃO DO FATOR SOLAR DESEJÁVEL EM ABERTURAS** □ In: ENCAC 95, 1995, Gramado. **ANAIS.** Gramado: Antac, 1995.

EBEHARD, A.A.; O'DONOVAN M. **A critical review of the usefulness of microcomputer based design tools for passive solar design of low cost housing in developing countries.** *Building and Environment*, v. 25, nº2, p.111-115, 1990.

Edvisions. Disponível em [www.edvisions.com](http://www.edvisions.com). Acessado em julho de 2006.

ENGUITA, M. F., **A Face Oculta da Escola; educação e trabalho no capitalismo.** Trad. Tomaz Tadeu da Silva. Porto Alegre, Artes Médicas, 1989.

- EVBUOMWAN, N.F.O.; SILVALOGANATHAN S.; JEBB A. **A survey of design philosophies, models, methods and systems.** *Journal of Engineering Manufacture*, London, Proc. Instn.Mech. Engrs, v.210, n. B4,p.301-320, 1996.
- FANGER, P.O. (1972) *Thermal Comfort, analysis and application in environmental engineering.* McGraw-Hill, New York, 1972.
- FDE, **Arquitetura escolar e política educacional: os programas na atual administração do Estado.** Fundação para o Desenvolvimento Escolar, São Paulo, FDE, 1998.
- FDE, **Especificações da Edificação Escolar de Primeiro Grau.** Fundação para o Desenvolvimento Escolar, São Paulo, FDE, 1990.
- FERNANDES, P. **Integração das diretrizes energéticas no processo de concepção arquitetônica.** In: Rio Vicente Del (Org). *Arquitetura Pesquisa &Projeto.* São Paulo: ProEditores, 1998. Parte I, p.25-51.
- FIXX, J. **Guia completo da corrida.** 4ªedição, Rio de Janeiro, Record, 1977
- FONTOYNONT, MARC. **Daylight performance of buildings**□ London : James & James , 1999. 304 p. (EUR ; n.18895.)
- FOUCAULT, M., *Vigiar e Punir; nascimento da prisão.* Trad. Lígia M. Pondé Vassallo. Petrópolis, Vozes, 1987
- FUNDAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO - FDE. **Vegetação e Paisagismo: Especificações da Edificação Escolar de Primeiro Grau.** : São Paulo , 1990.
- GAITANI, N.; SANTAMOURIS,M.; MIHALAKAKOU,G. **Thermal comfort conditions in outdoor spaces.** In: PLEA – Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Maio de 2005, Santorini, Grécia. Anais ...2005.
- GARCIA-HANSEN,V.; ESTEVES,A.; PATTINI,A. **Passive solar systems for heating, daylighting and ventilation for rooms without a equator-facing facade.** *Renewable Energy*, vol. 26, 1, pp 91-111, maio de 2002.
- GHISI,Enedir , **Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação: Estudo de Caso na Universidade Federal de Santa Catarina,** Florianópolis,SC, 1997. Dissertação (mestrado em engenharia civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- GIFFORD, R., **Environmental Psychology: Principles and Practice.** 2 ed. Allyn and Bacon, Boston, USA, 1997.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa** □ 4 ed. São Paulo : Atlas, 2002. 175 p.

GIVONI, B. (1981). *Man, climate and architecture*. Elsevier, London, 1981.

GOLDEN SOFTWARE. **SURFER Version 5.00 - Mar 1 1994**. Colorado: Surface Mapping System, 1993-94.

GRAÇA, VALÉRIA AZZI COLLET DA. **Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas de rede Estadual de São Paulo**. □ Campinas, SP, 2002. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil., Universidade Estadual de Campinas.

HALL, E. T., *A Dimensão Oculta*, Livraria Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1981

HANTINGS, S.R. *Computer design tools for climate-responsive architecture. Solar and wind technology* (ed.A.A.M. Saygh), v. 6, nº4, p.357-363, 1989.

HARKNESS, E.L. & MEHTA, M.L. **Solar radiation in buidings**. London; Applied Science, 1968.

High Tech High. Disponível em [www.hightechhigh.org](http://www.hightechhigh.org). Acessado em julho de 2006.

Homewood School and Sixth Form Center. Disponível em [www.homewood-school.co.uk](http://www.homewood-school.co.uk)..

HOPKINSON, R.G., PETHERBRIDGE, P. e LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Lisboa, Fundação Kalouste Gulbenkian, 1975.

INEP/MEC, 2000. Disponível em [http://www.inep.gov.br/noticias/news\\_387.html](http://www.inep.gov.br/noticias/news_387.html)

JENKINS, DAVID; MUNEER, TARIQ. Modelling light-pipe performances - a natural daylighting solution □ **Building and Environment**, v. 38, n. 7, p. 965-972, July 2003.

JONES, J.C. *Design Methods: seeds of human futures*. Great Britain: A Wiley-Interscience Publication, 1980.p.407.

JUTLA, R.S. *An Inquiry into Design. Design Methods: Theories, Research, Education and Practice*, Califórnia, v.30, nº1, p.2304-2308, 1996.



- KANITZ, S., *Revolucione a sala de aula*, Veja, edição 1671, ano 33, no. 42, 18 de outubro de 2000.
- KHEDARI,J; YAMTRAIPAT,N; PRATINTONG,N; HIRUNLABH,J. *Thailand ventilation comfort chart*. In: Energy Buildings, Vol. 32, 2000.
- KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V.; . **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. □ Madrid, Spain: Ed. Paraninfo, 1977.
- KOSTOF, S. *A history of architecture: Setting and Rituals*. Oxford University Press. New York. 1995.
- KOWALTOWSKI ET AL. **Melhoria do conforto ambiental em edificações de Campinas**. □ Campinas, SP: Universidade Estadual de CampinasRelatório científico - projeto de pesquisa FAPESP 97/02563-8. Faculdade de Engenharia Civil).
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K., *High school building design in relation to new and changing teaching methods and their goals*. Berkeley, /Cal/: Dissertação (Mestrado) – University of California, 1970.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K., *Humanization in Architecture: Analysis of Themes Through High School Building Problems*. Berkeley, University of California, 1980. Tese.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; BORGES F. FILHO; LABAKI L.C.; RUSCHEL R.C.;. BERTOLI S.R; PINA S.M.G.A. *Relatório científico - projeto de pesquisa: Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares de Campinas, S.P., FEC-UNICAMP*, 2001.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; LABAKI, L.C. **O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia**. □ In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo,SP. **Anais**. São Paulo : EPUSP/ANTAC, 1993, v2. p. 785-794.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; LABAKI, L.C. *O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. Anais, São Paulo, EPUSP/ANTAC, 1993, v. 2, p 785-794.
- KOWALTOWSKI,D.C.C.; LABAKI,L.C.; RUSCHEL,R.C.; BERTOLI,S.R.; PINA, S.A.M. **Melhorias do Conforto Ambiental em Edificações Escolares Municipais de Campinas** □ Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Civil, 1997. (Fapesp. Processo97/ 02563-8 —
- KÜLLER, R., LINDSTEN, C. **Health and behavior of children in classrooms with and without windows**. In: Journal of Environmental Psychology. Vol. 12, p. 305-317, 1992.

- LABAKI, L.C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C.L. *Avaliação do conforto térmico e luminosos de prédios escolares da rede pública, Campinas – SP*. In: ENCAC - ENCONTRO NACIONAL e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...2001
- LAM, WILLIAM M. C. **Sunlighting as formgiver for architecture** □ NEW YORK : Van Nostrand Reinhold, 1986. 464 p.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2 ed. São Paulo : Pro Livros, 2004. 192 p.
- LANG, J.T. *Designing for Human Behavior: Architecture and the Behavioral Sciences*. USA: Dowden, Hutchinson & Ross, 1987.
- LECHNER, NORBERT. **Heating, cooling, lighting : design methods for architects** □ New York : J. Wiley, 1991. 524 p.
- LECHNER, NORBERT. **Heating, cooling, lighting : design methods for architects** □ New York , 1991. 524 p.
- LEE, T., *Psicologia e Meio Ambiente*. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1977.
- LI, DANNY H.W.; LAM, JOSEPH C. An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylight corridor □ **Energy and Buildings**, v. 35, n. 4, p. 365-373, May 2003.
- LI, DANNY H.W.; LAM, JOSEPH C. Measurements of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications □ **Renewable Energy**, Exeter, Engl , v. 20, n. 4, p. 398-404, 2000.
- LIM, B. B. P. Energy Conservation in Buildings and the Indoor Environment: A Review. **Architectural Science Review** , v. 26, n. 1, p. 6-12, 1983.
- LIM, B.P.; RAO, K. R.; THARMARATNAN, K.; MATTAR, A. M. **Environmental Factors in the Desing of Bulding Fenestration-Applied** London : Science. Publishers, 1979.
- LIN, LIAW WEE; ULLAH, M.B. Daylight distribution in the living rooms of four types of public housing building in Singapore □ **Lighting Research and Technology**, v. 35, n. 2, p. 91-100, 2003.
- LITTLEFAIR, P. J. **Predicting Hourly Internal Daylight Illuminances for Dynamic Building Energy Modeling** : Technical Note 8911. London: BRE, 1989.
- LOVE, J. A.; NAVAB, M. The Vertical-to-Horizontal Illuminance Ratio: A New Indicator of Daylighting Performance. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, 1993. V.23, n.2, p. 50-61,

LUXÁN, M.(2000) *Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos: Buenas prácticas de arquitectura bioclimática.* <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/amlux.html>.

MAGALHAES, M. A. A. **O projeto de iluminacao natural : estudo comparativo de metodos de medicaao e de simulacao** □ São Paulo : faculdade de arquitetura e urbanismo da universidade de sao paulo , 1995. (Tese - doutorado .) v. 2v.

MASCARÓ, L.E. **Energia na Edificação: estrategia para minimizar o consumo** □ São Paulo : Projeto, 1991.

MASCARO, L.E.A.R. **Iluminacao natural nos edificios** □ Porto Alegre: Porto Alegre : Faculdade de Arquitetura, 1980.

MASCARÓ,L.R. [ET AL.] . **Luz, clima e arquitetura** □ São Paulo : Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, [between 1978 and 1983] . 177 p.

MATSUHASHI, K. **Application of multi-criteria analysis to urban land-use planning.** Austria, 1997, IIASA Report, disponível em < [www.iiasa.ac.at](http://www.iiasa.ac.at) > acesso em:26 abril 2002.

MCCLUNFY, W. R.; MILLS, L. R. The benefits of using window shades. □ **ASHRAE Journal**, November/1993 1993. p. 20-27,

MCHUGH, JONATHAN; BURNS, PATRICK J.; HITTLE, DOUGLAS. Energy impact of daylighting □ **ASHRAE Journal**, Atlanta, GA, USA, v. 40, n. 5, p. 31-35, May 1998.

MILLET, MARIETTA S. Dangers of daylighting □ **Lighting Design and Application: LD & A**, New York, NY, USA , v. 26, n. 2, p. 30-33, Feb. 1996.

MILLS, E.; BORG, N. **Rethinking Light Levels** □ **IAEEL newsletter**, issue nº 20, v. 7, p. 4-7, 1998.

MIMBACAS, A. et al. *Avaliação de desempenho térmico, lumínico e acústico: escola padrão de alvenaria (EPA) e "Projeto Nova Escola".* In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais... Florianópolis, /SC/ p. 339-346. 1998.

MISTRICK, R.G.; THONGTIPAYA, J. Analysis of daylight photocell placement and view in a small office □ **Journal of the Illuminating Engineering Society**, New York, NY, USA, v. 26, n. 2, p. 150-160, Summer 1997.

MONTEIRO, C. et al. *A satisfação como critério de avaliação do ambiente construído: Um estudo aplicado ao prédio escolar.* In: AVANÇO EM

- TECNOLOGIA E GESTÃO DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES. Anais... São Paulo/SP/ 1993.
- MOORE, Fuller (1993). *Environmental Control Systems – heating, cooling, lighting*. McGraw-Hill International Editions. Cingapura. 1993.
- MOORE, FULLER. **Concepts and practice of architectural daylighting** □ 2 ed. New York : Van Nostrand Reinhold, 1991. 290 p.
- MORAN,E., **Adaptabilidade Humana; Uma Introdução a Antropologia Ecológica**, Editora da Universidade de São Paulo,1982, tradução 1994.
- MORELLO, A.; BEVILACQUA,D.; GRIGOLETTI, G.; SATTLER M. A.; FRESTEIRO R. **Avaliação das Condições de Iluminação Natural do Protótipo Alvorada através do uso de Dois Métodos de Simulação** □ In: ENCAC - ENLACAC 2005, 2005, Maceio, Al. **Anais** . Maceio, Al.p. 1270-1279.
- MOSS, R.H.; INSEL, P. *Issues in Social Ecology*. Palo Alto, Califórnia: National Press, 1974.
- MUNEER, T. Daylight illuminance models for the United Kingdom □ **Lighting Research & Technology**, v. 25, n. 3, p. 113-123, 1993.
- MUNEER, T.; GUL, M.; KINGHORN, D. Development of a meteorological illuminance model for daylight computations □ **Applied Energy**, Exeter, Engl, v. 59, n. 4, p. 235-260, Apr. 1998.
- NAIR,P.; FIELDING, R. *The language of school design: design patterns for 21th century schools*, EUA: Nacional Clearinghouse for educational facilities and The knowledge work foundation, 2005.
- NAVVAB, M.; ATLAND, G. Application of CIE glare index for daylighting evaluation □ **Journal of the Illuminating Engineering Society**, New York, NY, USA , v. 26, n. 2, p. 115-128, Summer 1997.
- NCEF – Nacional Clearinghouse for educational facilities. Disponível em [www.edfacilities.org](http://www.edfacilities.org)..
- NEGRA, C.A.S.; NEGRA, E.M.S. **Manual de Trabalhos Monográficos de Graduação, especialização, Mestrado e Doutorado** □ 1 ed. São Paulo : Atlas, 2003. 224 p.
- NEILA, J. (2000) **Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos: Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias** <<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/ajnei.html>>.
- NEWMAN, O., *Defensible Space*, New York: Collier Books, 1972.

NG, E.Y.-Y.; LAM KHEE POH; WEI, W.; NAGAKURA, T. Advanced lighting simulation in architectural design in the tropics □ **Automation in Construction**, v. 10, n. 3, p. 365-379, March 2001.

Ninestiles School. Disponível em [www.ninestiles.bham.sch.uk](http://www.ninestiles.bham.sch.uk). A

OAKLEY, G.; RIFFAT, S.B.; SHAO, L. Daylight performance of lightpipes □ **Solar Energy**, Exeter, Engl, v. 69, n. 2, p. 89-98, 2000.

OLGYAY, V (1953). *Bioclimatic approach to architecture*. BRAB Conf. report nº5, National Research Council, Washington, DC, 1953.

OLGYAY, V (1973). *Design with climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, Princeton, 1973.

OLGYAY, A.; OLGYAY, V. **Solar Control & Shading Devices** □ New Jersey: Princeton University Press, 1957.

Oracle Foundation. Disponível em [www.oraclefoundation.org](http://www.oraclefoundation.org).

ORNSTEIN, S. W., BORELLI, J. *O desempenho dos edifícios da rede estadual de ensino: O caso da Grande São Paulo - Avaliação técnica: primeiros resultados*. São Paulo: Laboratório de Programação Gráfica da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 1995.

OTEIZA, PILAR; SOLER, ALFONSO. Experimental analysis for Madrid, Spain, of a simple graphic daylight calculation method based on the CIE standard overcast sky □ **Building and Environment**, Oxford, Engl, v. 32, n. 4, p. 363-366, Jul 1997.

PAPALAMBROS, P.Y.; WILDE, D.J. *Principles of optimal design - Modelling and Computation*. USA: Cambridge University Press, 1991.

PIETROBON, CLAUDIO EMANUEL. **Luz e Calor no Ambiente Construído Escolar e o Sombreamento Arbóreo: Conflito ou Compromisso com a Conservação de Energia?** Florianópolis, SC, 1999. 510 f. Tese de Doutorado - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

PIETROBON, C.E.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R. **Simulação Computacional do Consumo Elétrico Final em Edificações escolares Climatizadas e suas variações com elementos Arquitetônicos e Paisagísticos de proteção Solar**. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO N AMBIENTE CONSTRUÍDO: ANTAC, **Anais...** Salvador, 1997. p. 364-370.

PREISER W.F.E.; RABINOWITZ H. Z.; WHITE E.T. *Post-occupancy evaluation*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988

- R. G. ,HOPKINSON;P., PETHERBRIDGE ; J., LONGMORE . **Daylighting** □ London : Heinemann, 1966. 606 p.
- RASMUSSEN, S. E., **Arquitetura Vivenciada**. Trad. Álvaro Cabral. 2 ed. São Paulo, Martins Fontes, 1998.
- RASMUSSEN,S.E. **Arquitetura Vivenciada** □ 2 ed. São Paulo : Martins Fontes, 1998. 247 p. (tradução Álvaro Cabral.)
- RELUX INFORMATIKAG 1999. **Relux Version 2005-2** Basel, 2005. <http://www.relux.ch>.
- RIVERO, ROBERTO O. **Iluminación natural; : cálculo de la componente de cielo del factor de día** □ Montevideo, 1971. 101 p. (Universidad de la República. Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura. .)
- ROBBINS, CLAUDE L. **Daylighting : design and analysis** □ New York : Van Nostrand Reinhold, 1986. 877 p.
- ROBERTO RIVERO. **Iluminación natural; : cálculo de la componente de cielo del factor de día** □ Montevideo, 1971. 44, [101] p : illus ; 29 x 35 cm p. (Universidad de la República. Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura. [Publicación] SC 6 .)
- ROMÉRO, M. DE A. **Método de Avaliação do Potencial de Conservação de energia Elétrica em Campi Universitários: O Caso da Cidade Universitária Armando de salles Oliveira**. São Paulo: FAUUSP, 1994. Tese de Doutorado(Estruturas Ambientais Urbanas) - Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Universidade de São Paulo.
- ROMERO, M. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Projeto: São Paulo, 1988.
- ROMERO, M.A.B. (2001). **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Ed:UnB, Brasília, 2001.
- ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano** □ 2 ed. São Paulo : ProEditores, 2000. 128 p.
- ROSENFELD, E. **Mejoriemento de la eficiencia energética y habitabilidad de los edificios escolares**. In: ENCAC...Gramado, Anais do Encac, pp 433-438, 1995.
- ROUSSEAU, M.Z. Windows: overview of issues. □ 2003. [www.irc.nrcnrc.gc.ca/bsi/88](http://www.irc.nrcnrc.gc.ca/bsi/88). Acesso em: 09 ago.2005.
- ROWE, P. G., **Modernity and Housing**, Massachusetts: MIT Press, 1993

ROWE, P.G. *Design thinking*. 4. ed. USA: MIT Massachusetts Institute of Technology, 1992.

RUAS, A.C. **Avaliação de conforto térmico – contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas, SP.

SA, PAULO. **Estudos de iluminamento natural para a cidade universitária da universidade do brasil** □ Rio de Janeiro, 1951. (Instituto Nacional de Tecnologia; Pub N.123 .) v. 1.

SA, PAULO. **Iluminamento natural : ensaios para sua previsão nos edifícios da cidade universitária** □ Rio de Janeiro: Escr Tec Cidade Universitária, 1954.

SAEB, 1995: [http://www.inep.gov.br/noticias/news\\_387.html](http://www.inep.gov.br/noticias/news_387.html)

SAN JUAN, G. A. & ROSENFELD, E. *El diseño bioclimático de edificios de uso discontinuo en educacion*. In: III ENCONTRO NACIONAL: I ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais... Gramado, /RS/ p. 365-370. 1995.

SANOFF, H. *School design* . New York:Van Nostrand Rheinold, 1994

SANOFF, H. *School building assessment methods*, disponível em < [www.edfacilities.org](http://www.edfacilities.org)> acesso em: 11 outubro 2002

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Resolução SS-493– *Norma técnica que dispõe sobre a elaboração de projetos de educação de 1º e 2º graus no âmbito Estado de São Paulo*. Publicado em D.O.E., São Paulo, 08/09/1994, seção 1.

SARDEIRO, PAULA SILVA. **Estudos de Janelas Laterais e a Iluminação Natural : Estudo de Caso**. São Carlos,SP, 2001. 145 f. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SCARAZZATO, P. S.;**Dia Luminoso típico: Conceituação e Aplicação**. Gramado. Anais... Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995.

SCARAZZATO, PAULO SÉRGIO . **Dln software preditivo da disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais externos as edificacoes** <[http://143.107.250.66/scripts/odwp502k.dll?t=bs&pr=cruesp\\_profile&db=cruesp\\_catalogo&ss=new&ct=html&disp=card&use=4&arg=dln](http://143.107.250.66/scripts/odwp502k.dll?t=bs&pr=cruesp_profile&db=cruesp_catalogo&ss=new&ct=html&disp=card&use=4&arg=dln) software preditivo da disponibilidade de luz natural em> □ **Fauusp/Nutau**, São Paulo , v. Encontro Nacional de Simulacao de Ambientes , p. 269-73, 1995 1995.

- SCARAZZATO, PAULO SÉRGIO. **Conceito de dia típico de projeto aplicado a iluminação natural : dados referenciais para localidades brasileiras** □ São Paulo : faculdade de arquitetura e urbanismo da universidade de sao paulo , 1995. (Tese - Doutorado.)
- SERRA, R. (1989) **Clima, Lugar y Arquitectura**. CIMAT, Barcelona, 1989.
- SERRA, RAFAEL. Daylighting □ **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Exeter, Engl, v. 2, n. 1-2, p. 115-155, Mar-Jun 1998.
- SILVA, ROBERTO STARCK NOGUEIRA. **Iluminação natural e artificial** □ São Paulo, 1977. 352 p.
- SILVA, V.G. *Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. Qualidade na construção*. São Paulo, nº25, ano III, p 14-22, 2000.
- SOARES, T., *A Escola Pública Paulista na Transição Democrática: 1984 – 86*. Tese de Doutorado, Instituto de Economia da UNICAMP, Campinas, 1995.
- SOMMER, R., *Personal Space: the behavioral basis of design*. New Jersey, Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1969.
- SOMMER, R., *Tight Spaces; hard architecture and how to humanize it*. New Jersey, Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1974.
- SOMMERHOF, EMILIE W F. **LIGHTFAIR 2004: ONE WORD: DAYLIGHT** □ **Architectural Lighting**, v. 19, p. 17, Jan/Feb 2004.
- SOUSA, de M., *Vale colar: Estado lança escolas-modelo com projetos diferenciados*, em *Construção*, São Paulo No 2285, nov., pp 12-13, 1991.
- SOUZA, M. B. DE S. **Impacto da Luz Natural no Consumo de Energia Elétrica em um Edifício de Escritórios em Florianópolis**. Florianópolis:UFSC, 1995. 191 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SOUZA,MARCOS BARROS DE. **POTENCIALIDADE DE APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROLE PARA ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA** □ Florianópolis,SC, 2003. 230 f. Tese - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Specialist Schools and Academic Trust. Disponível em [www.specialistschools.org.uk..](http://www.specialistschools.org.uk..)
- STADLER, W.E; DAUER J. *Multicriteria optimization in engineering: a tutorial and survey*. In: Seebass, R. (editor) *Structural Optimization: status and promise progress on astronautics and aeronautics*. USA: Manohar P. Kamat, 1992, p.209.



SUH, N.P. *Axiomatic design theory for systems. Research in engineering design*, London, v. 10, p.189-209, 1998.

SZOKOLAY, S. V. **Arquitetura solar** □ Barcelona : Blume, 1983. 278 p. (Energia solar y edificación.)

SZOKOLAY, S.V. (1995). Bioclimatic **design: strategy to details**. In: Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, pág. 71-83, Gramado, RS, 1995.

The Big Picture. Disponível em [www.bigpicture.org](http://www.bigpicture.org) .

The Community College Withstable. Disponível em [www.ccw.kent.sch.uk](http://www.ccw.kent.sch.uk)..

The Maplesden Noakes Schoolhttp. Disponível em [www.maplesden.kent.sch.uk](http://www.maplesden.kent.sch.uk)..

TIBIRIÇÁ, ANTONIO C.G.; FERRAZ, RAFAELA. **CONSIDERAÇÕES PARA PROJETO DE JANELA EM EDIFICAÇÕES: FATORES AMBIENTAIS, NORMATIVOS E TECNOLÓGICOS** □ In: ENCAC - ENLACAC 2005, 2005, Maceio. **ANAIS**. Maceio, Al.: Antac, 2005. p. 2056-2065.

TOLEDO, ALEXANDRE. **CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE ABERTURAS DE VENTILAÇÃO NATURAL DOS EDIFÍCIOS** In: ENCAC-ELACAC 2001, VI., 2001, São Pedro, SP. Anais do Encac 2001. São Pedro, SP, 2001.

TREGENZA, P. R. The **Daylight Factor and Actual Illuminance Ratios** Lighting Research & Technology, v. 12, n. 2, p. 64-68, 1980.

TSCHUMI, AIAIN G. **Importance and complexity of natural light studies in architectural projects** □ In: EUROPEAN CONFERENCE 011 ARCHITECTURE., 1993, Florence. Proceedings. Florence: Comission of the European Communities, 1993. p. 99.

ULLAH, M.B. **International daylight measurement programme - Singapore data III: building energy savings through daylighting** □ Lighting Research & Technology, London, Engl , v. 28, n. 2, p. 83-87, 1996 1996.

VANSTRAATEN, J. F. **Thermal Performance of buildings** London : Elsevier, 1967.

VAZQUEZ, D.; BERNABEU, E. Quantitative estimation of clear sky light in Madrid □ **Energy and Buildings**, Lausanne, Switzerland, v. 26, n. 3, p. 331-336, Oct. 1997.

VIERA, S. **Como escrever uma tese** □ São Paulo : Pioneira, 1991. 82 p. (Manuais de Estudo.)

WEIGEL, R.G. **Luminotecnia : sus principios y aplicaciones** □ 2 ed. Barcelona : G.Gili, 1966. 195 p.

Welcome to paternships schools. Disponível em [www.p4s.org.uk](http://www.p4s.org.uk)..

WONG, N. H.; LAM, K. P.; HENRY, F. **The use of performance-based simulation tools for building design and evaluation** - a Singapore perspective. Building and Environment, v.35, p. 709-736, 2000.

XU, H.; LUO, M.R.; RIGG, B. Evaluation of daylight simulators. Part 1: Colorimetric and spectral variations □ **Coloration Technology**, v. 119, n. 2, p. 59-69, 2003 2003.

YANNAS, Simos. *Educational buildings in Europe*. In: III ENCONTRO NACIONAL: I ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais. Gramado, /RS/ p. 49-69. 1995.

YATES, D.; MCKENNAN, G. Solar Architecture and Light Attenuation by Trees: Conflict or Compromise? **Arboricultural Journal**, v. 13, p. 7-16, 1989.

YONEMURA, GARY T. **Criteria for recommending lighting levels**. □ **Lighting Research & Technology**, v. 13, n. 3, p. 113-129, 1981.

ZAIN-AHMED, A.; SOPIAN, K.; OTHMAN, M.Y.H.; SAYIGH, A.A.M.; SURENDRAN, P.N. Daylighting as a passive solar design strategy in tropical buildings: A case study of Malaysia □ **Energy Conversion and Management**, v. 43, n. 13, p. 1725-1736, September 2002.

## ANEXOS

### **Questionários aplicados**

## Planilha Técnica de Avaliação

### ESCOLA:

ENDEREÇO:
DIRETORA:

### 0. CARACTERÍSTICAS DO BAIRRO

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> ruas pavimentadas  | <input type="checkbox"/> lixo/sujeira nas ruas e |
| <input type="checkbox"/> iluminação pública | <input type="checkbox"/> esgotos à céu aberto    |
| <input type="checkbox"/> arborização        | <input type="checkbox"/> favelas                 |

Acesso ao local: \_\_\_\_\_

Característica social dos alunos: \_\_\_\_\_

### 1. CARACTERIZAÇÃO - EMEF

1.1. CARACTERIZAÇÃO	
Período de funcionamento	Horário
	Matutino
	Intermediário
	Vespertino
	Noturno

Férias Jan Fev Mar Abr Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

1 mês

15 dias

Coletivas

Popul. Fixa	Período	Matutino	Intermediário	Vespertino	Noturno
	Alunos				
	Funcionários				
	Professores				
	Tercerizados				
	Vigias				
Popul. Flutuante	Período	Matutino	Intermediário	Vespertino	Noturno
	Pais				
	Visitantes				

## 1.2. EDIFÍCIO

Quando a escola foi construída?

Existem edificações que não constam no projeto inicial ? Estas possuem projeto?

Quando foi a última reforma? Descreva:

## 1.3. HÁBITOS DE CONSUMO

As edificações são utilizadas nos finais de semana ?

☐ Sim ☐ Não

E com que frequência

☐ raramente ☐ ocasionalmente ☐ frequentemente

Para qual finalidade?

## RESUMO

Edifício	
Área construída	
Ano de construção	
Núm. salas de aula	
n. salas de aula/ n.aluno	

## 2. QUESTIONÁRIO PROFESSOR

### 2.1. COMPORTAMENTO DOS ALUNOS: COMO OS ALUNOS ENTRAM NA SALA?

- ☐ em fila ordenada      ☐ andando desordenadamente      ☐ correndo

### 2.2. AO ENTRAR NA SALA, OS ALUNOS:

- ☐ conversam muito      ☐ ficam silenciosos  
☐ conversam um pouco      ☐ fazem muito barulho

### 2.3. DURANTE A AULA OS ALUNOS MANIPULAM O MOBILIÁRIO?

- ☐ manipulam um pouco      ☐ manipulam muito      ☐ não manipulam

### 2.4. QUANTO AO CONFORTO AMBIENTAL:

Os alunos costumam reclamar do conforto térmico?

- ☐ reclamam muito      ☐ não reclamam      ☐ reclamam um pouco

Os alunos costumam reclamar da iluminação?

- ☐ reclamam muito      ☐ não reclamam      ☐ reclamam um pouco

Os alunos costumam reclamar do barulho externo?

- ☐ reclamam muito      ☐ não reclamam      ☐ reclamam um pouco

Os alunos costumam reclamar do espaço físico da sala de aula?

- ☐ reclamam muito      ☐ não reclamam      ☐ reclamam um pouco

Os alunos costumam reclamar do espaço físico do pátio?

- ☐ reclamam muito      ☐ não reclamam      ☐ reclamam um pouco

### 2.5. 1.5. EXISTEM NORMAS DE COMPORTAMENTO DENTRO DA SALA DE AULA?

- ☐ sim    Quais:

- ☐ não

### 2.6. CAPACIDADE:

Capacidade máxima de alunos por sala de aula: \_\_\_\_\_

Número real de alunos dentro da sala de aula: \_\_\_\_\_

Faixa etária dos alunos: \_\_\_\_\_

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL:**

### **2.7. CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA:**

Como é o conforto térmico no verão?

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> muito frio        | <input type="checkbox"/> confortável |
| <input type="checkbox"/> frio              |                                      |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente frio |                                      |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> ligeiramente quente |
| <input type="checkbox"/> quente              |
| <input type="checkbox"/> muito quente        |

Como é o conforto térmico no inverno?

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> muito frio        | <input type="checkbox"/> confortável |
| <input type="checkbox"/> frio              |                                      |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente frio |                                      |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> ligeiramente quente |
| <input type="checkbox"/> quente              |
| <input type="checkbox"/> muito quente        |

### **2.8. CONFORTO LUMÍNICO:**

A iluminação das salas de aula é:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> muito baixa        | <input type="checkbox"/> ideal |
| <input type="checkbox"/> baixa              |                                |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente baixa |                                |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> ligeiramente alta |
| <input type="checkbox"/> alta              |
| <input type="checkbox"/> muito alta        |

A iluminação do pátio e/ou refeitório é:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> muito baixa        | <input type="checkbox"/> ideal |
| <input type="checkbox"/> baixa              |                                |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente baixa |                                |

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> ligeiramente alta |
| <input type="checkbox"/> alta              |
| <input type="checkbox"/> muito alta        |

### **2.9. CONFORTO ACÚSTICO:**

Quais as principais interferências de ruído que interferem na sala de aula?

---

### **2.10. VENTILAÇÃO:**

Como é a ventilação dentro da sala de aula?

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> péssima            | <input type="checkbox"/> ruim  |
| <input type="checkbox"/> pouco satisfatória | <input type="checkbox"/> ideal |
| <input type="checkbox"/> satisfatória       |                                |

- |                                |
|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> boa   |
| <input type="checkbox"/> ótima |

### **2.11. INSOLAÇÃO:**

Existem problemas quanto a insolação na sala de aula?

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> sim, e ela é excessiva | <input type="checkbox"/> sim, mas ela é fraca | <input type="checkbox"/> não existe problema |
|---|---|--|

Se existe onde ocorre?

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> na lousa                                   | <input type="checkbox"/> na mesa da professora              | <input type="checkbox"/> no fundo da sala próximo à janela |
| <input type="checkbox"/> nas carteiras dos alunos próximos à janela | <input type="checkbox"/> na frente da sala próximo à janela |  |

☐ em outro local. Onde? \_\_\_\_\_

Em qual período do dia ocorrem os maiores problemas com a insolação?

- ☐ entre 7:00 hs e 9:30 hs
- ☐ entre 9:30 hs e 12:00 hs
- ☐ entre 12:00 hs e 14:300 hs
- ☐ entre 14:30 hs e 17:00 hs

**OBSERVAÇÕES:**

**2.12. NA SUA OPINIÃO O CONFORTO DO AMBIENTE DENTRO DA SALA DE AULA INFLUENCIA A APRENDIZAGEM DOS ALUNOS?**

☐ sim

☐ não

**2.13. VOCÊ FARIA ALGUMA ALTERAÇÃO DENTRO DA SALA DE AULA PARA MELHORAR O CONFORTO AMBIENTAL?**

☐ sim Quais: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

☐ não





### 3. QUESTIONÁRIO DIRETOR

#### 3.1. ALUNOS:

Qual a classe social dos alunos?

- ☐ muito baixa  
☐ baixa

- ☐ média  
☐ alta

#### 3.2. TRANSPORTE:

Como os alunos chegam à escola?

A pé:

- ☐ muitos  
☐ poucos

De ônibus escolar:

- ☐ muitos  
☐ poucos

De bicicleta:

- ☐ muitos  
☐ poucos

De ônibus (circular):

- ☐ muitos  
☐ poucos

De transporte alternativo (vans):

- ☐ muitos  
☐ poucos

De carro:

- ☐ muitos  
☐ poucos

#### CARACTERÍSTICAS DO PRÉDIO ESCOLAR:

#### 3.3. CAPACIDADE:

- Número de salas de aula: \_\_\_\_\_
- Capacidade máxima de alunos por sala: \_\_\_\_\_
- Número real de alunos que freqüentam a escola \_\_\_\_\_

#### 3.4. FUNCIONAMENTO DA ESCOLA POR TURNOS:

<input type="checkbox"/> período da manhã	<input type="checkbox"/> período da noite
<input type="checkbox"/> período da tarde	<input type="checkbox"/> período integral

#### AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL

#### 3.5. ESPAÇO FÍSICO DA ESCOLA:

Como é a área dos ambientes em relação ao número de alunos?

	Muito pequeno	Pequeno	Razoavelm. pequeno	Ideal	Razoavelm. grande	Grande	Muito grande
Sala de aula							
Laboratórios/ artes							
Pátio coberto							
Pátio descoberto							
Refeitório							

Outras observações acerca do espaço físico da escola: \_\_\_\_\_

### 3.6. CONFORTO TÉRMICO DAS SALAS DE AULA:

Como é o conforto térmico no verão?

- |  |                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> muito frio        | <input type="checkbox"/> confortável | <input type="checkbox"/> ligeiramente quente |
| <input type="checkbox"/> frio              |                                      | <input type="checkbox"/> quente              |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente frio |                                      | <input type="checkbox"/> muito quente        |

Como é o conforto térmico no inverno?

- |  |                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> muito frio        | <input type="checkbox"/> confortável | <input type="checkbox"/> ligeiramente quente |
| <input type="checkbox"/> frio              |                                      | <input type="checkbox"/> quente              |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente frio |                                      | <input type="checkbox"/> muito quente        |

### 3.7. CONFORTO LUMÍNICO:

A iluminação das salas de aula é:

- |   |                                |  |
|---|--------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> muito baixa        | <input type="checkbox"/> ideal | <input type="checkbox"/> ligeiramente alta |
| <input type="checkbox"/> baixa              |                                | <input type="checkbox"/> alta              |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente baixa |                                | <input type="checkbox"/> muito alta        |

A iluminação do pátio e/ou refeitório é:

- |   |                                |  |
|---|--------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> muito baixa        | <input type="checkbox"/> ideal | <input type="checkbox"/> ligeiramente alta |
| <input type="checkbox"/> baixa              |                                | <input type="checkbox"/> alta              |
| <input type="checkbox"/> ligeiramente baixa |                                | <input type="checkbox"/> muito alta        |

### 3.8. CONFORTO ACÚSTICO:

Quais as principais interferências de ruído dentro da escola?

- ☐ fonte externa ( rua, carros, ônibus)
- ☐ vizinhança ( clubes, ginásios)
- ☐ interno ( ruído dos alunos dentro da sala de aula)
- ☐ interno ( de uma sala para outra)
- ☐ interno ( na hora do recreio no pátio e/ou refeitório)
- ☐ outros. Quais: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### OBSERVAÇÕES:

- Você faria alguma alteração dentro da escola para melhorar o conforto ambiental dos alunos?

☐ sim Quais: \_\_\_\_\_

☐ não